

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**



**TESIS DE GRADO**

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUINARIA PARA DIAGNOSTICAR  
FALLAS EN BANDAS Y POLEAS MEDIANTE ANÁLISIS VIBRACIONAL  
EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**FLAVIO ARTURO LEÓN TOAPANTA**

**RIOBAMBA - ECUADOR**

**2008**

**e s p o  
c h**

**Facultad de Mecánica**

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

**CONSEJO DIRECTIVO**

11 - Diciembre - 2008

Fecha

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**FLAVIO ARTURO LEÓN TOAPANTA**

---

Nombre del Estudiante

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUINARIA PARA DIAGNOSTICAR**

---

**FALLAS EN BANDAS Y POLEAS MEDIANTE ANÁLISIS VIBRACIONAL**

---

**EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO ”**

---

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el grado de:  
**INGENIERO DE MANTENIMIENTO .**

---

f] Decano de la Facultad de Mecánica

Yo coincido con esta recomendación:

---

f] Director de Tesis

Los miembros del Comité de Examinación coincidimos con esta recomendación:

---

f] Asesor de Tesis

e s p o c h

Facultad de Mecánica

---

**C E R T I F I C A D O D E E X A M I N A C I Ó N D E T E S I S**


---

Nombre del estudiante: FLAVIO ARTURO LEÓN TOAPANTA

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUINARIA PARA  
DIAGNOSTICAR FALLAS EN BANDAS Y POLEAS MEDIANTE ANÁLISIS  
VIBRACIONAL EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO”

Fecha de Examinación: 11 - Diciembre - 2008**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN**

Comité de Examinación	Aprueba	No Aprueba*	Firma
Ing. Washington Zabala			
Ing. Manuel Morocho			
Ing. Manuel Gonzáles			

\*Más que un voto de no aprobación es condición suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:**


---



---



---

El Presidente del Tribunal quién certifica al Consejo Directivo que las condiciones de defensa se han cumplido.

---

 f) Presidente del Tribunal

## DEDICATORIA

La presente tesis de grado lo dedico con amor a mi incondicional familia.

A mis padres, quienes con su ejemplo de perseverancia han sembrado, sentimientos de responsabilidad, amor, y un profundo anhelo para seguir adelante venciendo cualquier obstáculo que se presente en el camino.

A mis queridas hijas, que con su inocencia y cariño me han inspirado el deseo de seguir adelante, a enfrentar los obstáculos con valentía y saber que la vida hay que saberla disfrutar, pero siempre siendo mejores seres humanos.

A mi amada esposa por estar conmigo en todo momento, con muestras de cariño, amor y respeto.

Flavio Arturo

## **A G R A D E C I M I E N T O**

A Dios mi más profundo agradecimiento por todas las bendiciones que he recibido .

Al Director y Asesor de Tesis por sus sugerencias, conocimientos y su guía acertada en el desarrollo del presente trabajo .

A la Facultad de Mecánica y a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento por haberme acogido en sus aulas y de manera especial a todos los profesores de la Escuela que han sabido impartirme sus conocimientos contribuyendo a mi formación académica y profesional.

GRACIAS desde el fondo del corazón .

Flavio Arturo

## TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
<b>1. GENERALIDADES</b> ... ..	<b>1</b>
1.1 Antecedentes... ..	1
1.2 Justificación... ..	1
1.3 Objetivos... ..	2
1.3.1 Objetivo general... ..	2
1.3.2 Objetivos específicos... ..	2
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> ... ..	<b>3</b>
2.1 Análisis vibracional... ..	3
2.1.1 Desbalanceo... ..	4
2.1.1.1 Desbalanceo estático... ..	4
2.1.1.2 Desbalanceo dinámico... ..	4
2.1.1.3 Rotor colgante... ..	5
2.1.2 Desalineación... ..	6
2.1.2.1 Desalineación angular... ..	6
2.1.2.2 Desalineación paralela... ..	6
2.1.2.3 Desalineación entre chumaceras... ..	7
2.1.3 Holgura mecánica eje – agujero... ..	8
2.1.4 Soltura estructural... ..	8
2.1.5 Rotor excéntrico... ..	9
2.1.6 Rotor o eje pandeado... ..	10
2.1.7 Fallas en rodamientos... ..	11

2.1.7.1	Falla en la pista interna...	11
2.1.7.2	Falla en la pista externa...	12
2.1.7.3	Falla en los elementos rodantes...	12
2.1.7.4	Deterioro de la jaula...	13
2.1.8	Fallas en bandas y poleas...	14
2.1.8.1	Distensión...	14
2.1.8.2	Desalineación en poleas...	15
2.1.8.3	Excentricidad de poleas...	16
2.1.8.4	Resonancia de bandas...	16
2.2	Tipos de angularidad que se producen en bandas y poleas...	17
2.3	Tipos de desalineación que se producen en bandas y poleas...	18
2.3.1	Inspección preliminar antes de proceder al alineamiento de bandas y poleas...	18
2.4	Técnicas de alineamiento...	20
2.4.1	Alineación...	20
2.4.2	Técnicas de alineamiento...	21
2.4.2.1	Utilización de la regla...	21
2.4.2.2	Mediante el reloj de carátula...	22
2.4.3	Sistemas computarizados – tecnología láser...	22
2.4.3.1	Características y ventajas...	23
2.4.3.2	Diseño del aparato...	24
2.4.3.3	Uso del equipo...	24
2.4.3.4	Ajuste del haz láser...	24
2.4.3.5	Discos de aluminio...	25

2.4.3.6	Ejemplo de la alineación de una polea...	25
2.5	Valores recomendados para el alineamiento de bandas y poleas...	26
2.6	Técnicas de corrección de angularidad y desalineamiento en bandas y poleas...	27
2.6.1	Técnica gráfica...	27
2.6.1.1	Procedimiento básico...	27
2.6.2	Técnica de la cuerda o recta...	28
2.6.3	Técnica láser...	28

### **3. ELABORACIÓN DE LA MAQUINARIA PARA DIAGNOSTICAR**

<b>FALLAS EN BANDAS Y POLEAS...</b>	<b>30</b>
<b>3.1</b> Parámetros de funcionamiento de la maquinaria...	<b>30</b>
3.1.1 Datos y características de la maquinaria para diagnosticar fallas en bandas y poleas...	30
<b>3.2</b> Elaboración de los planos de construcción...	<b>31</b>
3.2.1 Estructura de la maquinaria para diagnosticar fallas en bandas y poleas...	31
3.2.2 Vistas de la estructura de la maquinaria para diagnosticar fallas en bandas y poleas...	31
3.2.3 Maquinaria para diagnosticar fallas en bandas y poleas...	33
3.2.3.1 Vista frontal de la maquinaria...	33
3.2.3.2 Vista superior de la maquinaria...	34
3.2.3.3 Vista lateral de la maquinaria...	34
<b>3.3</b> Conformación de la estructura de la maquinaria...	<b>35</b>
<b>3.4</b> Elementos de la maquinaria...	<b>35</b>



3.4.1	M o t o r...	35
3.4.2	M e z c l a d o r...	36
3.4.3	B a n d a s y p o l e a s...	36
3.4.4	C a j a t é r m i c a...	36
3.5	E s p e c i f i c a c i o n e s t é c n i c a s...	37
3.6	D e t e r m i n a c i ó n d e l a r e s i s t e n c i a d e l s u e l o p a r a l a m a q u i n a r i a e i m p l e m e n t a c i ó n...	37
3.6.1	P o r c e n t a j e s d e m e z c l a r e c o m e n d a d o s p a r a l a s c i m e n t a c i o n e s...	37
3.7	C á l c u l o d e l a p r e s i ó n e s t á t i c a q u e s e g e n e r a s o b r e l a b a s e d e l a m a q u i n a r i a...	38
3.8	D e t e r m i n a c i ó n d e b a n d a s y p o l e a s...	39
3.8.1	D e t e r m i n a c i ó n d e b a n d a s...	39
3.8.2	D e t e r m i n a c i ó n d e p o l e a s...	39
3.9	E n s a m b l a j e d e l a m a q u i n a r i a...	40
3.9.1	A r m a d o d e l a e s t r u c t u r a d e l a m a q u i n a r i a...	40
3.9.2	M o n t a j e d e l m o t o r...	40
3.9.3	M o n t a j e d e l m e z c l a d o r...	41
3.9.4	M o n t a j e d e l a s p o l e a s...	42
3.9.5	M o n t a j e d e l a c a j a t é r m i c a...	42
3.9.6	A c a b a d o d e l a m a q u i n a r i a ...	43
<b>4.</b>	<b>P R U E B A S D E F U N C I O N A M I E N T O ...</b>	<b>44</b>
4.1	M o n i t o r e o v i b r a c i o n a l e n l a m a q u i n a r i a...	44
4.1.1	D e t e r m i n a c i ó n d e l o s p u n t o s d e m e d i c i ó n...	44
4.1.2	P u n t o 1 r a d i a l m o t o r l a d o a c o p l a d o ...	45

4.1.3	Punto 1 tangencial motor lado acoplado...	45
4.1.4	Punto 1 axial motor lado acoplado...	46
4.1.5	Punto 2 radial motor lado no acoplado...	46
4.1.6	Punto 2 tangencial motor lado no acoplado...	47
4.1.7	Punto 2 axial motor lado no acoplado...	47
4.1.8	Configuración de los puntos de medición...	48
4.2	Calculo de la frecuencia de banda...	48
4.3	Tablas de diagnóstico empleadas en el análisis vibracional...	49
<b>5.</b>	<b>EVALUACIÓN DE RESULTADOS...</b>	<b>56</b>
5.1	Resultados obtenidos en las pruebas de funcionamiento...	56
5.1.1	Espectro obtenido en el punto 1 radial motor lado acoplado...	56
5.1.2	Espectro obtenido en el punto 1 tangencial motor lado acoplado	57
5.1.3	Espectro obtenido en el punto 1 axial motor lado acoplado...	58
5.1.4	Espectro obtenido en el punto 2 radial motor lado no acoplado...	59
5.1.5	Espectro obtenido en el punto 2 tangencial motor lado no acoplado...	60
5.1.6	Espectro obtenido en el punto 2 axial motor lado no acoplado...	62
5.2	Resultados obtenidos después de la corrección de defectos...	64
5.2.1	Espectro obtenido en el punto 1 radial motor lado acoplado...	64
5.2.2	Espectro obtenido en el punto 1 tangencial motor lado acoplado	65
5.2.3	Espectro obtenido en el punto 1 axial motor lado acoplado...	66
5.2.4	Espectro obtenido en el punto 2 radial motor lado no acoplado...	67
5.2.5	Espectro obtenido en el punto 2 tangencial motor lado no acoplado...	68

5.2.6	Espectro obtenido en el punto 2 axial motor lado no acoplado...	69
5.3	Norma iso 10816...	70
5.4	Plan de mantenimiento preventivo...	71
5.4.1	Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales, y repuestos para el plan de mantenimiento preventivo...	71
5.5	Plan de mantenimiento predictivo...	76
5.5.1	Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales, y repuestos para el plan de mantenimiento predictivo...	76
5.6	Formato para realizar las prácticas de laboratorio...	78
5.7	Práctica para verificar si existe problemas de holgura de base y fase eléctrica...	80
5.8	Prácticas que se pueden realizar en la maquinaria...	82
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES...</b>	<b>83</b>
6.1	Conclusiones...	83
6.2	Recomendaciones...	87
<b>BIBLIOGRAFÍA...</b>		<b>88</b>
<b>ANEXOS...</b>		<b>89</b>
<b>BIOGRAFÍA...</b>		<b>126</b>

## LISTA DE TABLAS

<u>T A B L A</u>		<u>P Á G I N A</u>
I	Valores recomendados para el alineamiento de bandas y poleas... ..	26
II	Datos y características del motor... ..	30
III	Porcentajes de mezcla recomendados... ..	38
IV	Ficha de datos y diagrama de ubicación de los puntos de medición... ..	44
V	Desbalanceo... ..	49
VI	Desalineación... ..	49
VII	Flecha de flexión... ..	50
VIII	Problemas de rodamientos con gorriones... ..	50
IX	Problemas de rodamientos con elementos rodantes... ..	50
X	Holgura mecánica... ..	52
XI	Problemas de motor eléctrico... ..	53
XII	Problemas de bombas... ..	53
XIII	Problemas de turbinas... ..	54
XIV	Problemas de ventiladores... ..	54
XV	Problemas de bandas... ..	54
XVI	Problemas de compresor... ..	55
XVII	Problemas de engranes... ..	55
XVIII	Inspección del motor... ..	71
XIX	Inspección eléctrica... ..	72
XX	Calibración y comprobación de los sistemas de control... ..	72

XX I	Cambio de rodamientos...	73
XX II	Lubricación...	74
XX III	Control de la tensión y estado de las bandas y poleas...	75
XX IV	Cambio de bandas y poleas...	75
XX V	Análisis vibracional...	76
XX VI	Alineación de poleas...	77

## LISTA DE FIGURAS

<b><u>FIGURA</u></b>		<b><u>PÁGINA</u></b>
1	Desbalanceo estático .....	4
2	Desbalanceo dinámico .....	5
3	Rotor colgante .....	6
4	Desalineación angular .....	6
5	Desalineación paralela .....	7
6	Desalineación entre chumaceras .....	7
7	Holgura mecánica eje – agujero .....	8
8	Soltura estructural .....	9
9	Rotor excéntrico .....	10
10	Rotor o eje pandeado .....	10
11	Falla en la pista interna .....	11
12	Falla en la pista externa .....	12
13	Falla en los elementos rodantes .....	13
14	Deterioro de la jaula .....	13
15	Distensión .....	15
16	Desalineación en poleas .....	16
17	Excentricidad de poleas .....	16
18	Resonancia de bandas .....	17
19	Tipos de angularidad que se producen en bandas y poleas .....	17
20	Tipos de desalineación que se producen en bandas y poleas .....	18
21	Pata coja .....	19

22	Chequeo preliminar de poleas...	19
23	Utilización de regla...	21
24	Relojes comparadores...	22
25	Equipo fag top – laser smarty...	23
26	Diseño del aparato...	24
27	Discos de aluminio...	25
28	Ejemplo de la alineación de una polea...	25
29	Ajuste de las marcas en las referencias...	26
30	Estructura de la maquinaria para diagnosticar fallas en bandas y poleas...	31
31	Vista frontal de la estructura de la maquinaria...	31
32	Vista lateral de la estructura de la maquinaria...	32
33	Vista superior de la estructura de la maquinaria...	32
34	Maquinaria para diagnosticar fallas en bandas y poleas...	33
35	Vista frontal de la maquinaria...	33
36	Vista superior de la maquinaria...	34
37	Vista lateral de la maquinaria...	34
38	Conformación de la estructura de la maquinaria...	35
39	Motor...	35
40	Mezclador...	36
41	Bandas y poleas...	36
42	Caja térmica...	36
43	Armado de la estructura de la maquinaria...	40
44	Montaje del motor...	41

45	Montaje del mezclador...	41
46	Montaje de las poleas...	42
47	Montaje de la caja térmica...	42
48	Acabado de la maquinaria...	43
49	Punto 1 radial motor lado acoplado...	45
50	Punto 1 tangencial motor lado acoplado...	45
51	Punto 1 axial motor lado acoplado...	46
52	Punto 2 radial motor lado no acoplado...	46
53	Punto 2 tangencial motor lado no acoplado...	47
54	Punto 2 axial motor lado no acoplado...	47
55	Configuración de los puntos de medición...	48
56	Espectro obtenido en el punto 1 radial motor lado acoplado...	56
57	Espectro obtenido en el punto 1 tangencial motor lado acoplado...	57
58	Espectro obtenido en el punto 1 axial motor lado acoplado...	58
59	Espectro obtenido en el punto 2 radial motor lado no acoplado...	59
60	Espectro obtenido en el punto 2 tangencial motor lado no acoplado...	60
61	Espectro obtenido en el punto 2 axial motor lado no acoplado...	62
62	Espectro obtenido en el punto 1 radial motor lado acoplado...	64
63	Espectro obtenido en el punto 1 tangencial motor lado acoplado...	65
64	Espectro obtenido en el punto 1 axial motor lado acoplado...	66
65	Espectro obtenido en el punto 2 radial motor lado no acoplado...	67



66	Espectro obtenido en el punto 2 tangencial motor lado no acoplado ... ..	68
67	Espectro obtenido en el punto 2 axial motor lado no acoplado ... ..	69
68	Norma iso 10816 ... ..	70
69	Norma iso 10816 – 3 ... ..	71
70	Curva de tendencia del punto M B P 1 R ... ..	84
71	Curva de tendencia del punto M B P 1 T ... ..	84
72	Curva de tendencia del punto M B P 1 A ... ..	85
73	Curva de tendencia del punto M B P 2 R ... ..	85
74	Curva de tendencia del punto M B P 2 T ... ..	86
75	Curva de tendencia del punto M B P 2 A ... ..	86

## LISTA DE ANEXOS

<u>ANEXO</u>	<u>PÁGINA</u>
A      Detector II...	90
B      Equipos empleados en el mantenimiento de bandas y poleas...	109
C      Manual de mantenimiento preventivo de correas...	117

## S U M A R I O

La presente Tesis trata de la Implementación de una Maquinaria para Diagnosticar Fallas en Bandas y Poleas mediante Análisis Vibracional en la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH con el fin de contribuir al desarrollo y aprendizaje de generaciones venideras.

Esta investigación se ha realizado con la finalidad de demostrar que por medio del análisis vibracional, se llega a conocer el estado de los elementos que componen una maquinaria de bandas y poleas y de esta forma constatar que una maquinaria bien alineada nos permite optimizar su eficiencia.

Se determinó los tipos de angularidad y la desalineación que se producen en este tipo de maquinaria y de igual manera se analiza cada uno de los métodos y equipos de alineación existentes en la actualidad para solucionar este tipo de problemas.

Se concluye visualizando que una maquinaria práctica compuesta por bandas y poleas aportan en el aprendizaje de los estudiantes, ya que en este tipo de maquinaria se pueden aplicar sistemas modernos de mantenimiento predictivo que nos permiten deducir sólidos y efectivos diagnósticos técnicos.

Por todo lo expuesto, se recomienda utilizar la maquinaria de bandas y poleas en el Laboratorio de Análisis Vibracional y Alineamiento Láser y realizar el plan de mantenimiento preventivo y predictivo propuesto para garantizar su buen funcionamiento.

## CAPÍTULO I

### GENERALIDADES

#### 1.1 ANTECEDENTES

Dado que la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH no cuenta con los suficientes recursos para implementar un laboratorio en el que se apliquen de manera práctica los conocimientos teóricos – científicos de áreas tan importantes como es el diagnóstico de fallas mediante análisis vibracional, resulta conveniente que por intermedio de trabajos investigativos se aporte con la Facultad, elaborando maquinaria que permita consolidar los fundamentos teóricos en conocimientos prácticos y a la vez complementar los recursos requeridos para que se haga realidad la implementación del laboratorio en la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento.

#### 1.2 JUSTIFICACIÓN

La implementación de una maquinaria para diagnosticar fallas en la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento permitirá brindar a los estudiantes una mejor formación académica en esta importante área del mantenimiento, debido a que se podrá conocer en forma práctica los problemas de angularidad horizontal, de angularidad vertical y de desalineación paralela que ocurren en las bandas y poleas de una maquinaria industrial, con lo cual se garantizará que la formación profesional de los futuros Ingenieros de Mantenimiento este fundamentada en tecnologías modernas y de alta precisión.

Mediante el análisis vibracional se detectan los problemas en bandas y poleas, luego de lo cual se procede a la respectiva corrección de las fallas, empleando para ello herramientas actualizadas como son los rayos láser y obteniendo como resultado evitar paradas imprevistas de los equipos, incrementar el tiempo de vida útil de la maquinaria y alcanzar un gran ahorro en los costes energéticos.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Implementar una maquinaria para diagnosticar fallas en bandas y poleas mediante análisis vibracional en la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un análisis de los defectos de angularidad horizontal, vertical y desalineación paralela producida en bandas y poleas.
- Conocer la técnica de análisis vibracional aplicada en bandas y poleas.
- Conocer los componentes que conforman una maquinaria de diagnóstico de fallas en bandas y poleas.
- Construir la maquinaria de diagnóstico de fallas en bandas y poleas.
- Realizar pruebas de corrección de fallas en bandas y poleas.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANÁLISIS VIBRACIONAL<sup>1</sup>

Se define vibración como una oscilación mecánica alrededor de una posición de referencia.

La vibración en máquinas es el resultado de fuerzas dinámicas desequilibrantes producidas por sus partes en movimiento.

Al medir vibración no medimos fuerzas dinámicas, sino la respuesta mecánica del sistema a dichas fuerzas.

El Análisis de Vibraciones requiere de toda la información de la cadena cinemática, el tipo de rodamientos, las velocidades de giro, el número de dientes de las ruedas dentadas, el número de aspas de los ventiladores, las condiciones de soporte, etc.

La vibración mecánica es el parámetro muy sensible que informa de la condición del equipo. La vibración mecánica se transmite a través de bases y estructuras causando fatiga en elementos estáticos y a veces vibraciones moduladas en el entorno.

La severidad de vibración tiene que ver con las frecuencias resonantes del sistema que pueden llevar a condiciones críticas e inestables.

---

<sup>1</sup> WHITE G, Vibraciones, Pág. 6

El análisis de vibraciones estudia la evolución del comportamiento vibracional de las máquinas, de manera que identificando las causas se encuentra el momento oportuno para tomar una acción correctiva, por ejemplo un cambio de rodamiento.

### 2.1.1 DESBALANCEO

#### 2.1.1.1 DESBALANCEO ESTÁTICO

Producido generalmente por desgaste radial superficial no uniforme en rotores en los cuales su largo es despreciable en comparación con su diámetro. El espectro presenta vibración dominante con una frecuencia igual a 1 X RPM del rotor.

Se recomienda para corregir la falla balancear el rotor en un sólo plano (en el centro de gravedad del rotor) con la masa adecuada y en la posición angular calculada con un equipo de balanceo.

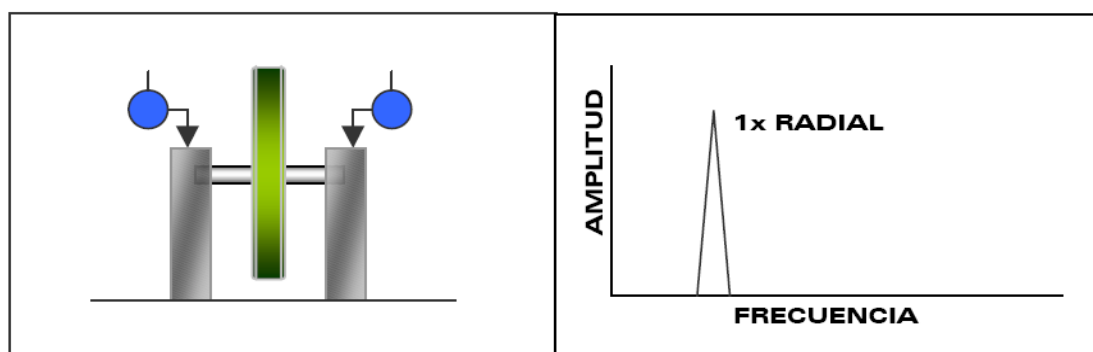


Fig.1. Desbalanceo estático

#### 2.1.1.2 DESBALANCEO DINÁMICO

El desbalanceo dinámico ocurre en rotores medianos y largos. Es debido principalmente a desgastes radiales y axiales simultáneos en la superficie del rotor.

El espectro presenta vibración dominante y vaivén simultáneo a frecuencia igual a 1 X RPM del rotor.

Se recomienda para corregir la falla balancear el rotor en dos planos con las masas adecuadas y en las posiciones angulares calculadas con un equipo de balanceo dinámico.

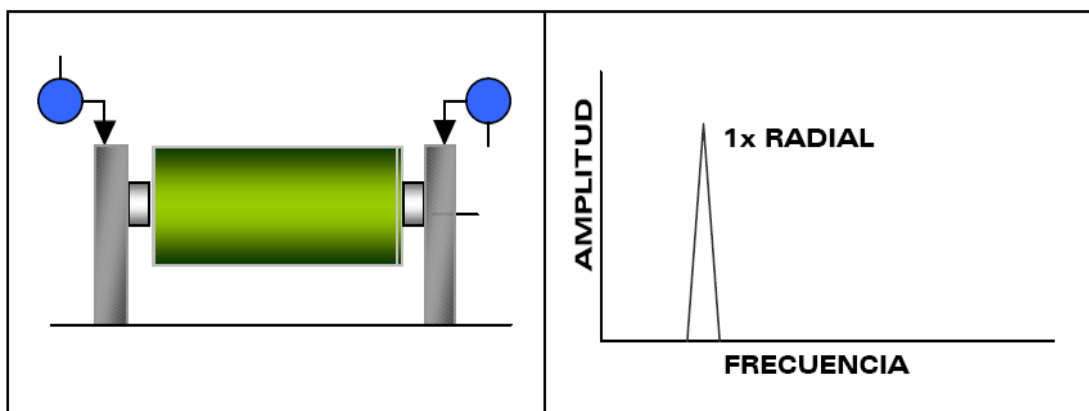


Fig.2. Desbalanceo dinámico

#### 2.1.1.3 ROTOR COLGANTE

Ocurre en rotores que se encuentran en el extremo de un eje. Es producido por desgaste en la superficie del rotor y doblamiento del eje.

El espectro presenta vibración dominante a 1X RPM del rotor, muy notoria en dirección axial y radial.

Para corregir la falla, primero debe verificarse que el rotor no tenga excentricidad ni que el eje esté doblado. Luego debe realizarse el balanceo adecuado. El desbalanceo dinámico ocurre en rotores.



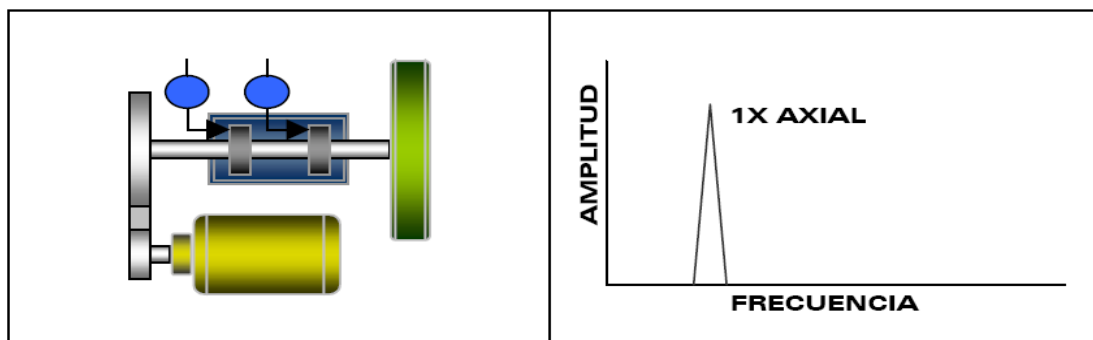


Fig.3. Rotor colgante

## 2.1.2 DESALINEACIÓN<sup>2</sup>

### 2.1.2.1 DESALINEACIÓN ANGULAR

Ocurre cuando el eje del motor y el eje conducido unidos en el acople, no son paralelos. Caracterizado por altas vibraciones axiales. 1X RPM y 2X RPM son las más comunes, con desfase de 180 grados a través del acople. También se presenta 3X RPM. Estos síntomas también indican problemas en el acople.

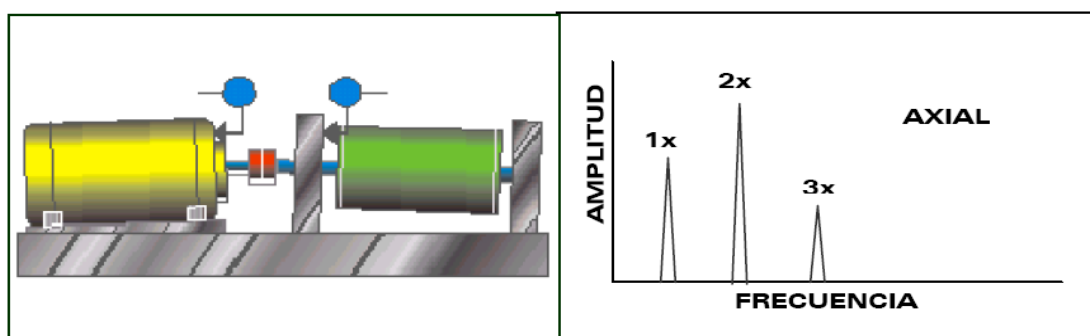


Fig.4. Desalineación angular

### 2.1.2.2 DESALINEACIÓN PARALELA

Los ejes del motor y del rotor conducido están paralelos, pero no son colineales.

<sup>2</sup> WHITE G, Vibraciones, Pág. 74

Se pueden detectar altas vibraciones radiales a  $2X$  RPM, predominante, y a  $1X$  RPM, con desfase de  $180$  grados a través del acople. Cuando aumenta la severidad, genera picos en armónicos superiores ( $4X$ ,  $8X$ ).

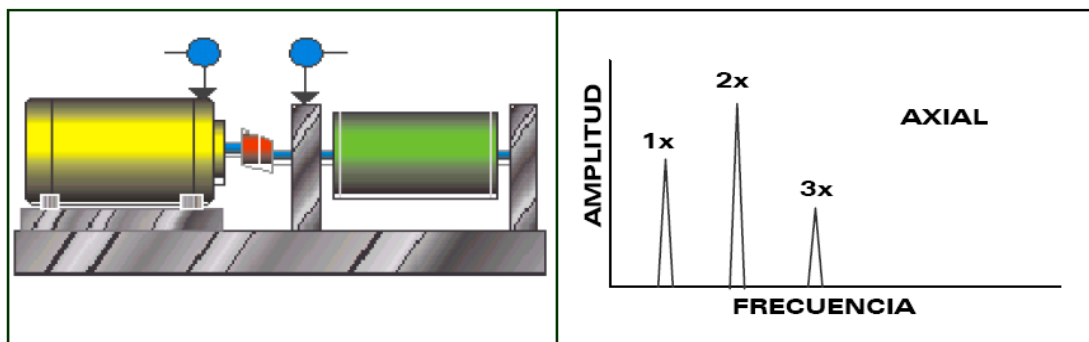


Fig.5. Desalineación paralela

#### 2.1.2.3 DESALINEACIÓN ENTRE CHUMACERAS

En una máquina con transmisión de poleas, la mala posición de las chumaceras puede evitar que el eje se acomode correctamente, lo cual genera vibraciones anormales en sentido axial y radial.

Excitación del pico representativo de la velocidad ( $1X$  RPM), especialmente en sentido axial.

Es necesario hacer una verificación de que las chumaceras queden completamente paralelas entre sí.

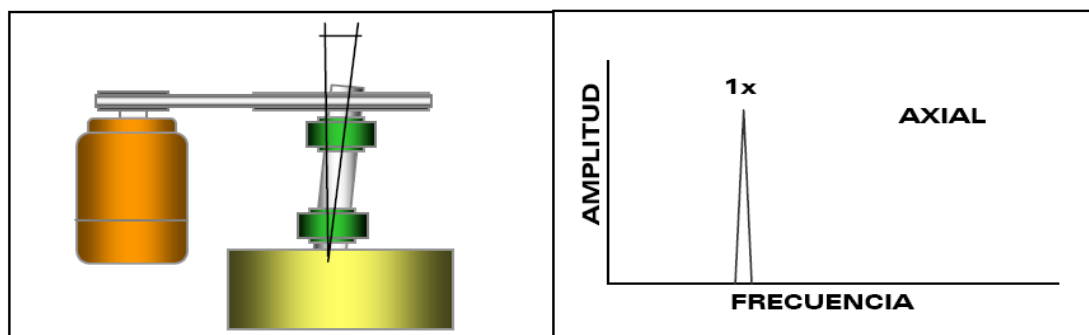


Fig.6. Desalineación entre chumaceras

### 2.1.3 HOLGURA MECÁNICA EJE – AGUJERO

Aflojamiento de manguitos, tolerancias de manufactura inadecuadas (con juego), y holgura entre el impulsor y su eje en bombas. Causa un truncamiento en la forma de onda en el dominio del tiempo.

La falla genera múltiples armónicos y subarmónicos de 1X RPM, destacándose los armónicos fraccionarios  $1/2$  X,  $1/3$  X,  $1.5$  X,  $2.5$  X,... Frecuentemente la fase es inestable y el nivel máximo tiende a una dirección notable realizando lecturas radiales espaciadas 30 grados entre si.

Se recomienda verificar la colocación de los manguitos y los juegos eje – agujeros cercanos al punto de medición. Igualmente, los ajustes de rotor - eje.

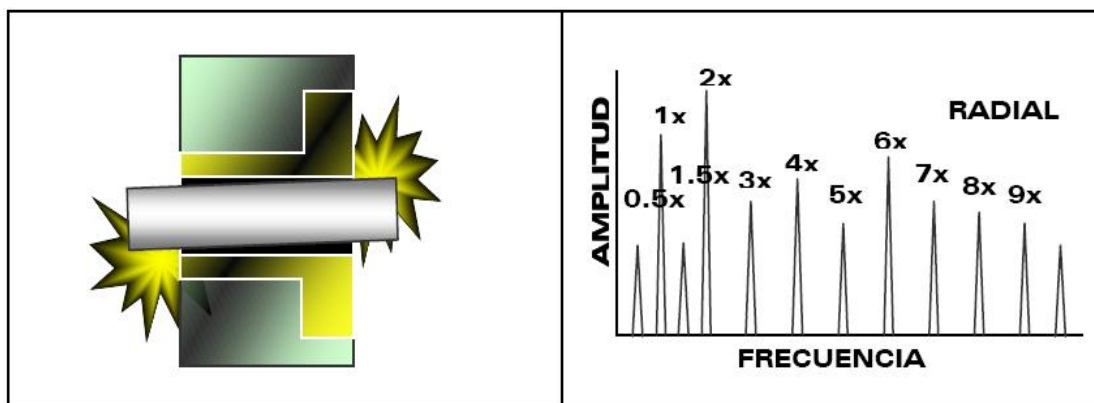


Fig.7. Holgura mecánica eje - agujero

### 2.1.4 SOLTURA ESTRUCTURAL<sup>3</sup>

Ablandamiento o desplazamiento del pie de la máquina, por holgura en los pernos de la base o por deterioro de los componentes de la sujeción.

<sup>3</sup> WHITE G, Vibraciones, Pág. 80

El espectro presenta vibración a 1X RPM en la base de la máquina con desfase a 180 grados entre los elementos sujetos en el anclaje. Altamente direccional en la dirección de la sujeción.

Se recomienda primero revisar el estado de fatiga del pie de máquina (rajaduras, corrosión). Luego debe verificarse el estado de los sujetadores y por último el estado de la cimentación.

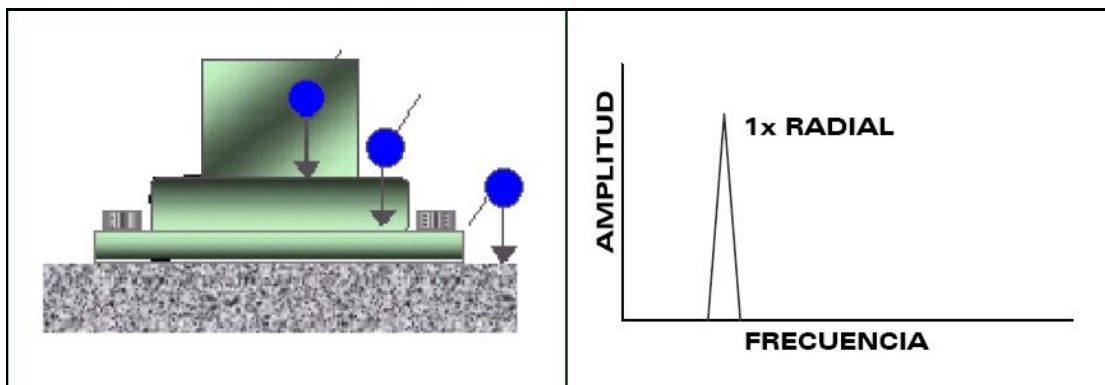


Fig.8. Soltura estructural

#### 2.1.5 ROTOR EXCÉNTRICO <sup>4</sup>

Fácilmente confundible con desbalanceo. Ocurre cuando el centro de rotación no coincide con el centro geométrico en una polea o engranaje.

La mayor vibración ocurre a 1 X RPM del elemento con excentricidad, en dirección de la línea que cruza por los centros de los dos rotores.

Para corregir la falla, el rotor debe ser reensamblado o reemplazado. (Tratar de balancear el rotor excéntrico resulta en una disminución del nivel de vibración, en una dirección, y un aumento considerable en la otra).

<sup>4</sup> WHITE G, Vibraciones, Pág. 85

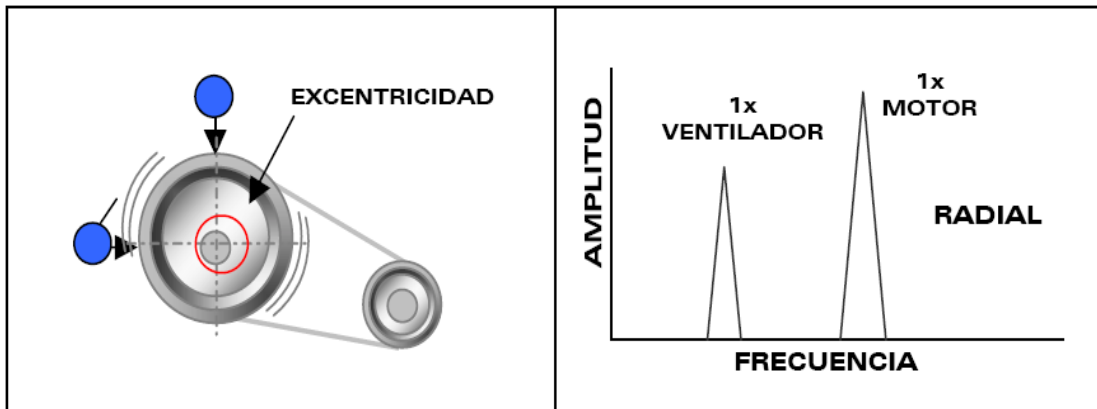


Fig.9. Rotor excéntrico

### 2.1.6 ROTOR O EJE PANDEADO

Más común en ejes largos. Se produce por esfuerzos excesivos en el eje. Genera vibración axial alta con diferencia de fase de 180 grados medida en los dos soportes del rotor.

La vibración dominante es de 1X RPM si el pandeo está cercano al centro del eje, y es de 2X RPM si el pandeo está cerca del rodamiento.

Para corregir la falla, el eje debe rectificarse o cambiarse.

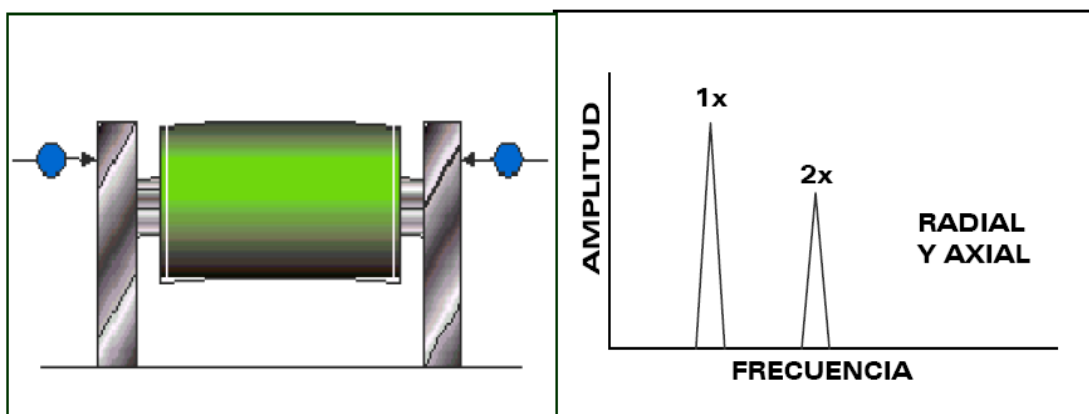


Fig.10. Rotor o eje pandeado

## 2.1.7 FALLAS EN RODAMIENTOS<sup>5</sup>

### 2.1.7.1 FALLA EN LA PISTA INTERNA

Agrietamiento o desastillamiento del material en la pista interna, producido por errores de ensamble, esfuerzos anormales, corrosión, partículas externas o lubricación deficiente.

Se produce una serie de armónicos siendo los picos predominantes 1X y 2X RPM la frecuencia de falla de la pista interna, en dirección radial.

Además el contacto metal - metal entre los elementos rodantes y las pistas producen pulsos en el dominio del tiempo del orden de 1-10 KHz.

El rodamiento debe ser reemplazado, debido a que la falla seguirá incrementándose.

Antes revise el estado de lubricación del rodamiento, generalmente la medida más confiable es en dirección de la carga.

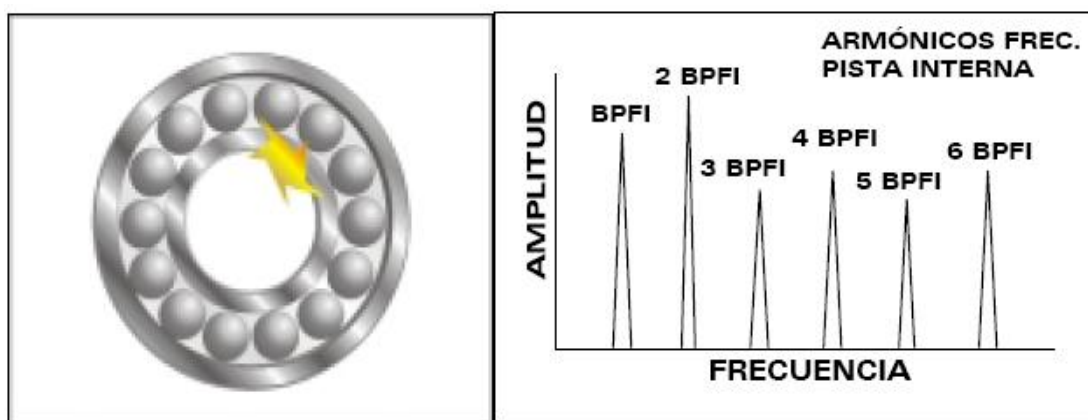


Fig.11. Falla en la pista interna

<sup>5</sup> WHITE G, Vibraciones, Pág. 78

### 2.1.7.2 FALLA EN LA PISTA EXTERNA

Agrietamiento o desastillamiento del material en la pista externa, producido por errores de ensamble, esfuerzos anormales, corrosión, partículas externas o lubricación deficiente.

Se produce una serie de armónicos siendo los picos predominantes 1X y 2X RPS la frecuencia de falla de la pista externa, en dirección radial. Además el contacto metal - metal entre los elementos rodantes y las pistas producen pulsos en el dominio del tiempo del orden de 1-10 KHz.

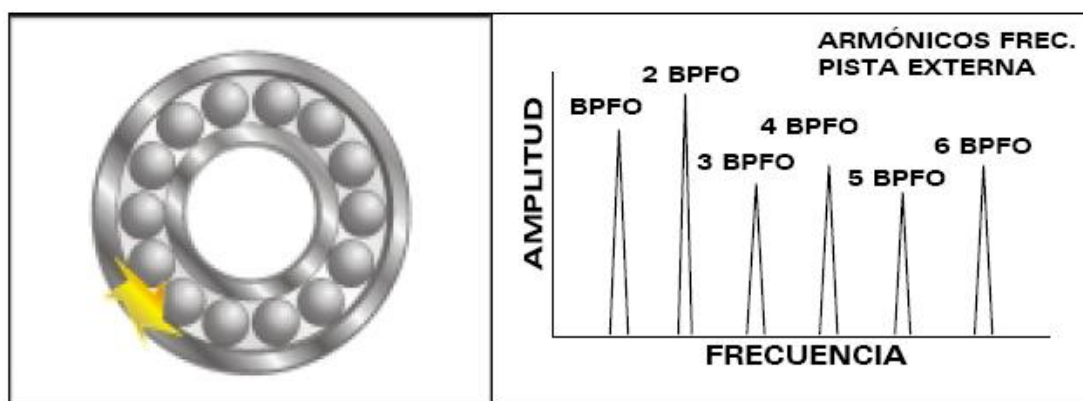


Fig.12. Falla en la pista externa

### 2.1.7.3 FALLA EN LOS ELEMENTOS RODANTES

Agrietamiento o desastillamiento del material en los elementos rodantes, producido por errores de ensamble, esfuerzos anormales, corrosión, partículas externas o lubricación deficiente.

Se produce una serie de armónicos siendo los picos predominantes 1X y 2X RPM la frecuencia de falla de los elementos rodantes, en dirección radial.

Además el contacto metal – metal entre los elementos rodantes y las pistas producen pulsos en el dominio del tiempo del orden de 1-10 KHz.

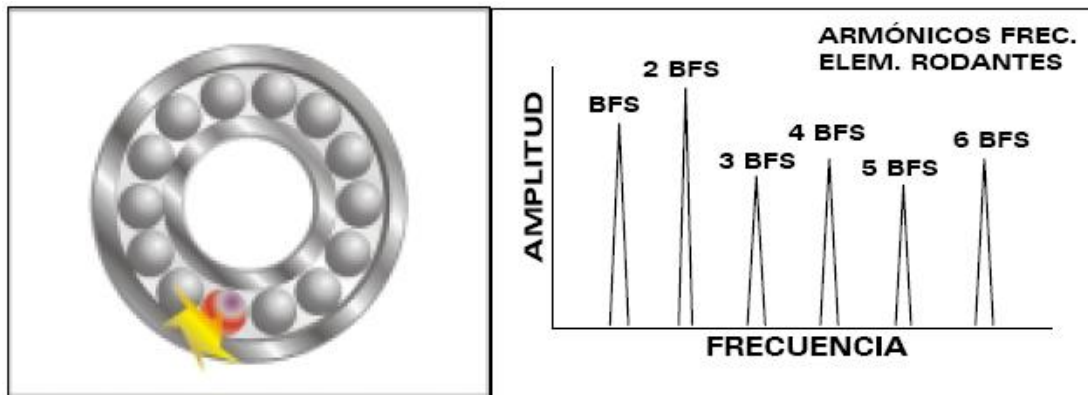


Fig.13. Falla en los elementos rodantes

#### 2.1.7.4 DETERIORO DE LA JAULA

Deformación de la jaula, caja o cubierta que mantiene en su posición a los elementos rodantes. Se produce una serie de armónicos de la frecuencia de la jaula siendo los picos predominantes 1X y 2X RPM de la frecuencia de falla en jaula, en dirección radial o axial.

El rodamiento debe ser reemplazado, debido a que la falla seguirá incrementándose.

Revise la posible causa que está dando origen a la falla.

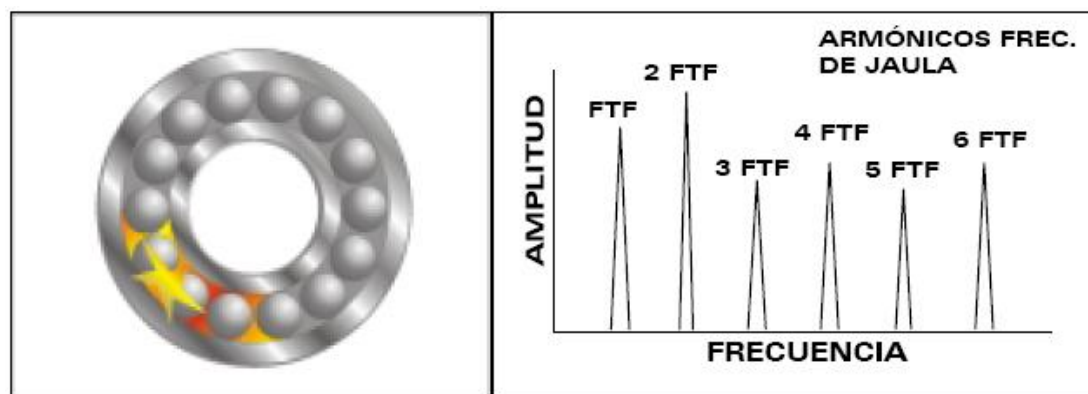


Fig.14. Deterioro de la jaula



### 2.1.8 FALLAS EN BANDAS Y POLEAS <sup>6</sup>

El diagnóstico de fallas en bandas y poleas generalmente se lo realiza mediante la técnica de análisis vibracional, en la misma que se puede detectar los siguientes problemas:

- Desalineación de bandas y poleas
- Bandas mal acopladas.
- Angularidad de bandas y poleas.
- Poleas excéntricas
- Tensión de la banda incorrecta

Uno de los más grandes problemas en los equipos industriales es la desalineación de bandas y poleas.

El método clásico de alineamiento de bandas y poleas se lo consigue utilizando una regla o cuerda. El objetivo de este alineamiento es asegurar que las líneas centrales de los ejes estén paralelas. Actualmente existen equipos de alineamiento láser especialmente aplicado a poleas.

#### 2.1.8.1 DISTENSIÓN

Ocurre por sobrepaso de la vida útil de la banda, o por desgaste excesivo de la misma.

Las frecuencias de bandas siempre están por debajo de la frecuencia del motor o máquina conducida.

---

<sup>6</sup> WHITE G, Vibraciones, Pág. 89

Normalmente se encuentran cuatro picos y generalmente predomina el de 2x frecuencia de banda. Tienen amplitudes inestables.

Para corregir el problema, si la banda no presenta demasiado desgaste intente tensionarla, de lo contrario reemplácela.

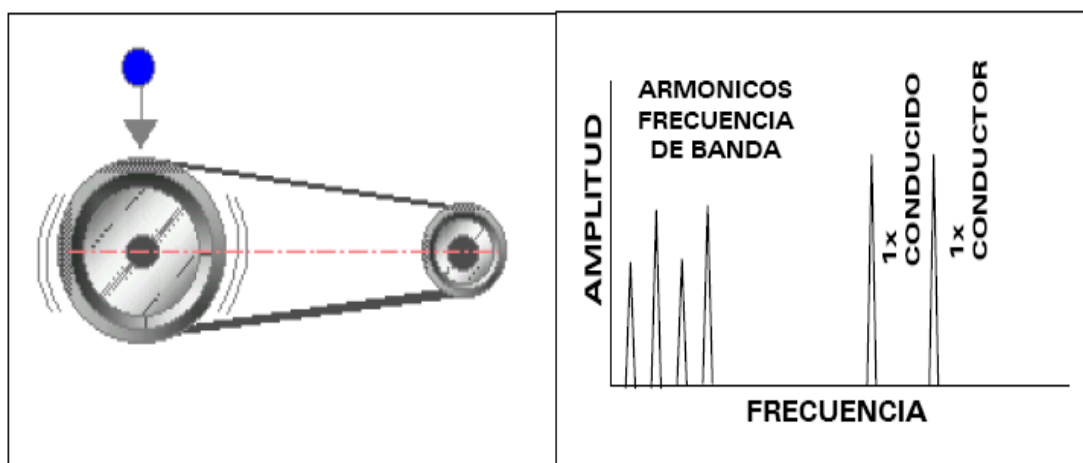


Fig.15. Distensión

#### 2.1.8.2 DESALINEACIÓN EN POLEAS

Puede ocurrir porque los ejes de las poleas no están alineados o porque las poleas no están paralelas. También pueden ocurrir ambos casos simultáneamente.

Produce alta vibración axial a 1x RPM de la conductora o la conducida, generalmente la conducida. La buena medida de las amplitudes de las vibraciones depende de donde sean tomados los datos.

Para solucionar el problema deben alinearse las poleas tanto angular como paralelamente.

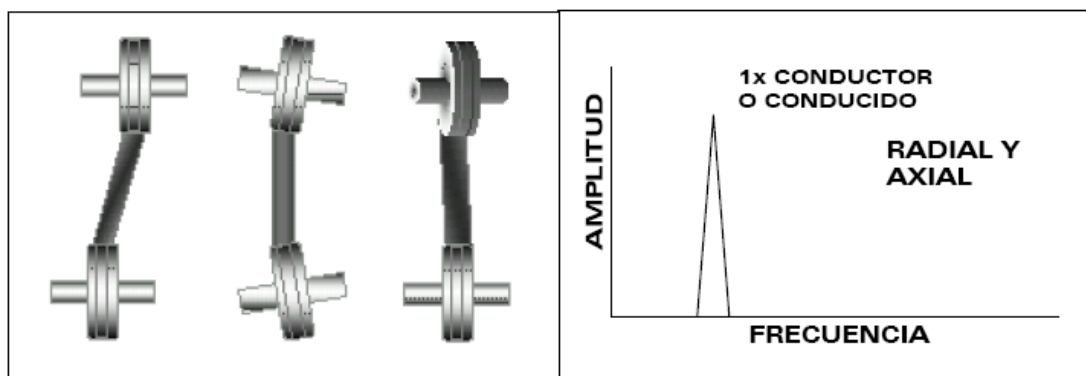


Fig.16. Desalineación en poleas

#### 2.1.8.3 EXCENTRICIDAD DE POLEAS

Ocurre cuando el centro de rotación no coincide con el centro geométrico en una polea. Produce alta vibración a 1x RPM de la polea excéntrica. Su amplitud está por encima de las amplitudes de las frecuencias de las bandas. Aunque es posible balancear poleas gracias a la adición de pesas, la excentricidad seguirá induciendo vibración y esfuerzos de fatiga reversible.

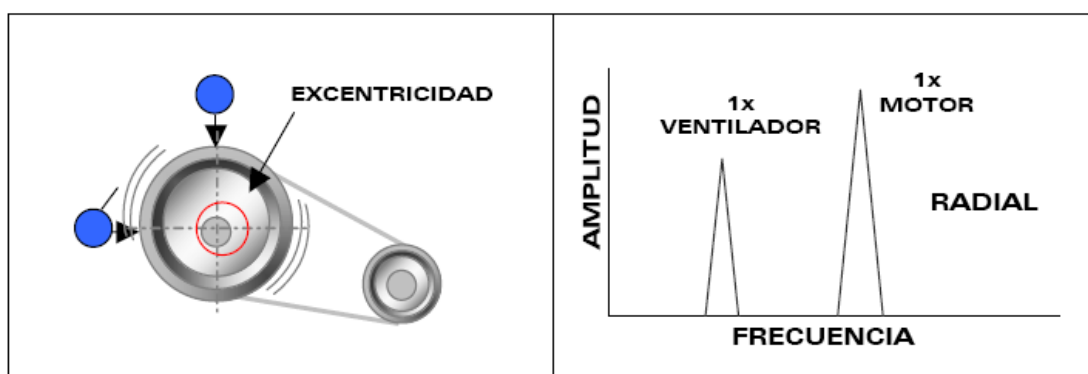


Fig.17. Excentricidad de poleas

#### 2.1.8.4 RESONANCIA DE BANDAS

Sucede si la frecuencia natural de la banda coincide o se aproxima a las RPM del motor o de la máquina conducida. El espectro muestra altas amplitudes de la

frecuencia de resonancia y la frecuencia de excitación de banda, siendo la frecuencia de resonancia la predominante. La frecuencia natural puede ser alterada cambiando la tensión de la banda o su longitud.

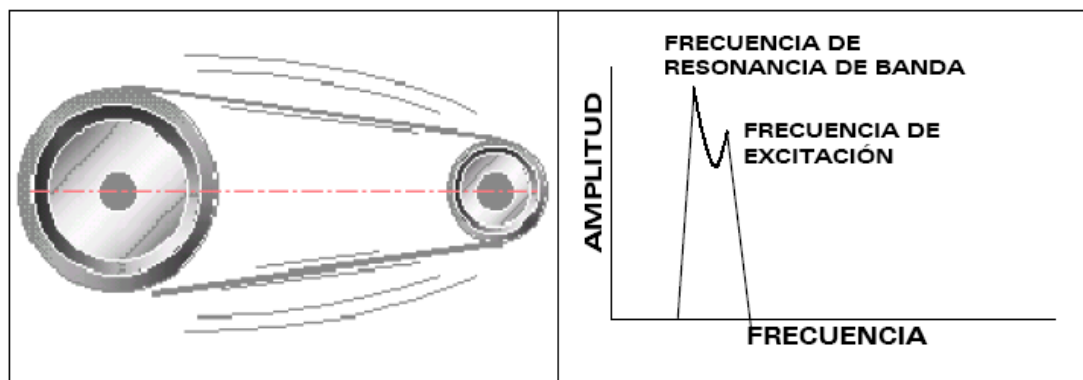


Fig.18. Resonancia de bandas

## 2.2 TIPOS DE ANGULARIDAD QUE SE PRODUCEN EN BANDAS Y POLEAS<sup>7</sup>

Los dos ejes o poleas no están paralelos: Angularidad vertical (A).

Las dos poleas están paralelas pero no en línea: Desalineación paralela (B).

Las máquinas no están ni en paralelo, ni en línea: Angularidad horizontal (C).

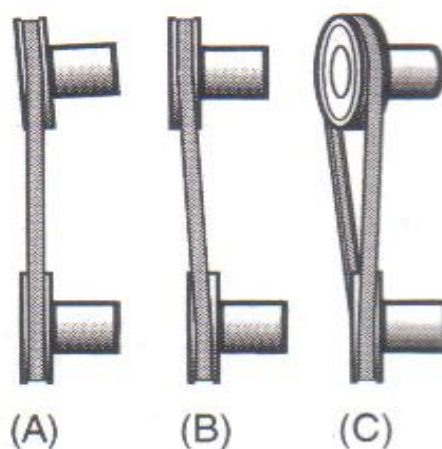


Fig.19. Tipos de angularidad que se producen en bandas y poleas

<sup>7</sup> BENAVIDES J Y ESPARZA L, Alineamiento de Ejes en Equipos Rotativos, Pág. 5

## 2.3 TIPOS DE DESALINEACIÓN QUE SE PRODUCEN EN BANDAS Y POLEAS<sup>8</sup>

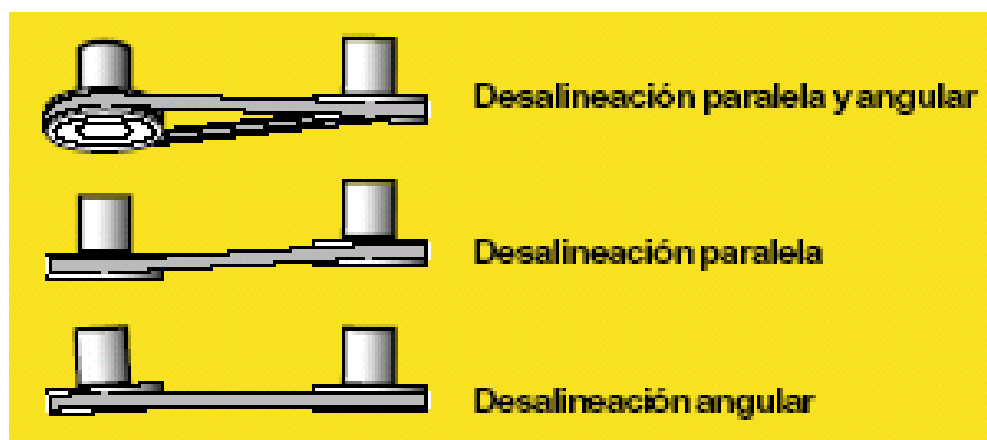


Fig.20. Tipos de desalineación que se producen en bandas y poleas

### 2.3.1 INSPECCIÓN PRELIMINAR ANTES DE PROCEDER AL ALINEAMIENTO DE BANDAS Y POLEAS

- Asegúrese de que los rodamientos de ambas máquinas no estén dañados.
- Inspeccione el estado de las bandas asegurándose que no están cuarteadas, vidriadas, estiradas, etc.
- Buscar cualquier condición de “pie flojo” entre las patas de la máquina y el plato soporte en todos los pernos de anclaje, compruebe si las poleas presentan un descentrado radial ya que las poleas o los ejes de correa descentrados impiden realizar una alineación precisa, compruebe si las poleas presentan un descentrado axial.

Si es posible, ajústelas con ayuda de los tornillos de montaje de los casquillos.

Asegúrese de que la máquina descansa uniformemente sobre todas sus patas.

<sup>8</sup> REINA A, Alineamiento Láser, Pág. 10

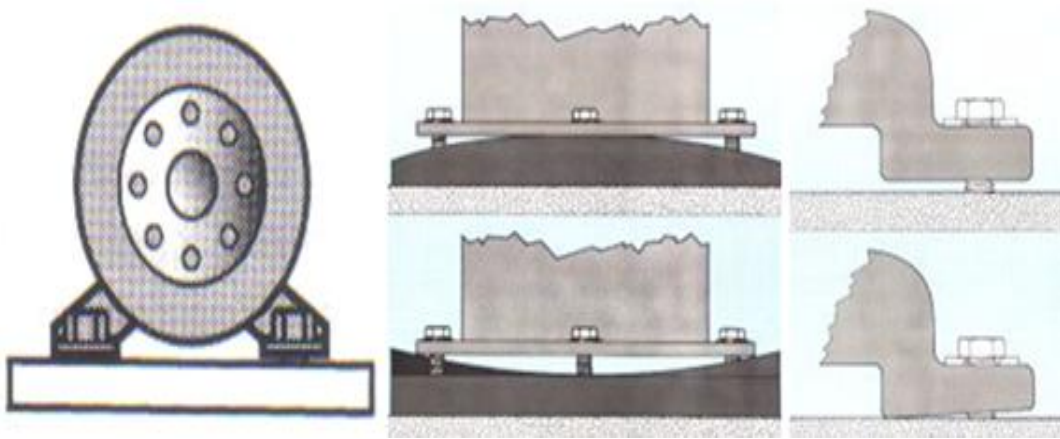


Fig.21. Pata coja

- Chequee el desgaste de los canales de las poleas con un indicador o patrón apropiado no más de 0.8 mm , (figura 22).

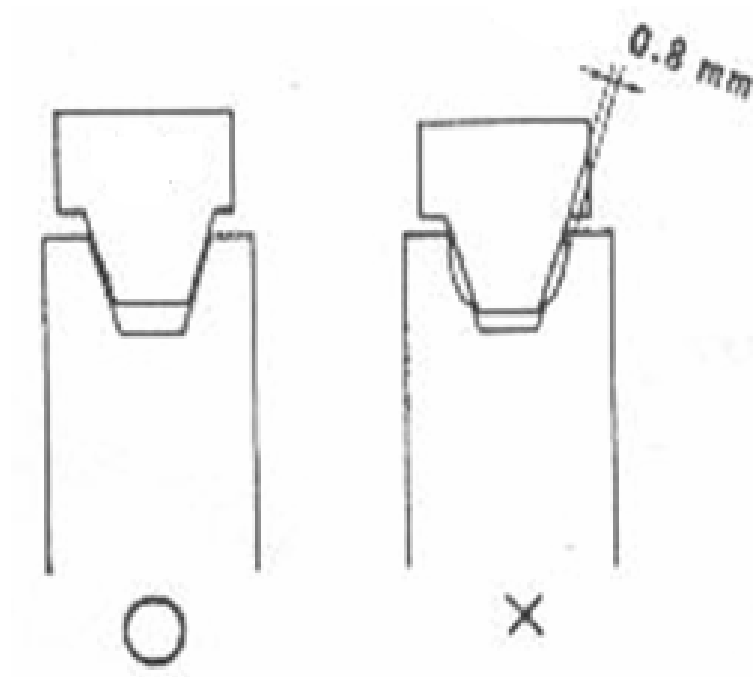


Fig.22. Chequeo preliminar de poleas

- Asegúrese que el “runout” axial (defecto axial) no exceda 0.01mm por cada 70 mm de diámetro de la polea.
- Asegúrese de que el “runout” radial (defecto radial) no exceda 0.12 mm .

## 2.4 TÉCNICAS DE ALINEAMIENTO

### 2.4.1 ALINEACIÓN<sup>9</sup>

Alinear es lograr la colinealidad exacta entre las líneas centrales de los ejes de las máquinas, así como la perpendicularidad y paralelismo en la transmisión de potencia de una máquina con respecto a otras o a varias.

Por tanto el alineamiento consiste en mantener en línea recta los ejes de las máquinas acopladas durante su funcionamiento: La aplicación es en: motores, bombas, ventiladores, reductores, transportadores, compresores y en general toda maquinaria rotativa acoplada. La causa más frecuente de daños costosos e imprevistos en la maquinaria es el desalineamiento de los ejes y estructuras que se presentan durante el funcionamiento. Todas las máquinas necesitan ser alineadas para extender su vida de servicio y maximizar la eficiencia.

El alineamiento preciso de ejes significa:

- Reducción de vibración y desgaste.
- Reducción del consumo energético.
- Reducción de daños y paradas de la producción.
- Incremento en la vida de los rodamientos, sellos y acoples.
- Incremento de la productividad y calidad de producción.

Se pueden definir dos condiciones de alineamiento: estático y dinámico. En el primer caso se hace la revisión y correcciones con la máquina estacionaria sea en frío o en

---

<sup>9</sup> MOROCHO M, Diagnóstico Vibroacústico, Pág. 56

caliente; en cambio en el dinámico se chequean los movimientos relativos de los ejes que los sacan de la línea central debido por ejemplo a excesiva flexibilidad de los pedestales, skid mal asentado, crecimiento térmico real, asentamiento de bases, esfuerzos de tubería y sobrecargas.

#### 2.4.2 TÉCNICAS DE ALINEAMIENTO <sup>10</sup>

Describiremos tres técnicas de alineamiento:

- Utilización de regla.
- Mediante el reloj de carátula.
- Sistemas computarizados – Tecnología Láser

##### 2.4.2.1 UTILIZACIÓN DE REGLA

Se trata de comprobar mediante una superficie recta el desalineamiento a contraluz, se le atribuye una apreciación de 1/10 mm.

Puede ser usado para máquinas lentas siempre que las bandas y poleas estén bien centradas (Figura 23).

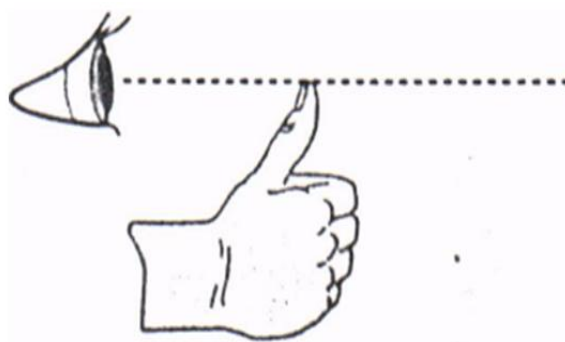


Fig.23. Utilización de regla

---

<sup>10</sup> MOROCHO M, Diagnóstico Vibroacústico, Pág. 67



#### 2.4.2.2 MEDIANTE EL RELOJ DE CARÁTULA <sup>11</sup>

Es el procedimiento clásico. El reloj comparador se sujeta firmemente en la manzana de un acople y luego se lo desliza sobre el acople opuesto una vuelta completa de  $360^\circ$ , cada  $90^\circ$  se hacen registros.

La apreciación que se puede alcanzar es de  $1/100$  mm. Este procedimiento también depende de la concentricidad del acople. (Figura 24)

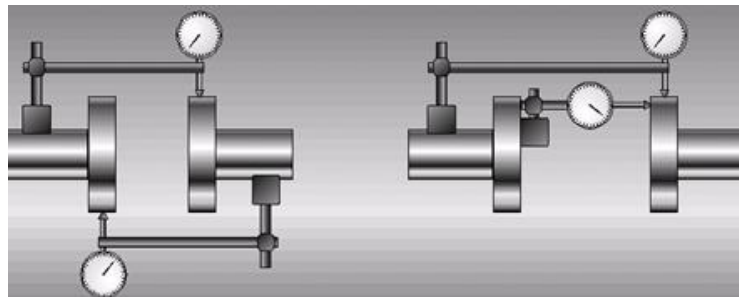


Fig.24. Relojes comparadores

En este método debe hacerse una comprobación de la flexión de los indicadores, esto es medir si la barra del indicador por su esbeltez genera un registro en las mediciones.

Existen varias formas de aplicar los comparadores, utilizando planos de referencia de "solo caras", "cara y lado", "solo lados".

#### 2.4.3 SISTEMAS COMPUTARIZADOS - TECNOLOGÍA LÁSER

El equipo láser es un económico instrumento de medida para alinear poleas, puede hacer su mantenimiento preventivo más fácil. El alineado con equipos láser significa

---

<sup>11</sup> BENAVIDES J Y ESPARZA L, Alineamiento de Ejes en Equipos Rotativos, Pág. 21-22

“buenas vibraciones” ya que sus niveles son bajos y el desgaste sufrido por las correas, poleas, rodamientos y obturaciones es menor.

Esto significa mayor vida y seguridad de máquinas, menor coste de energía y, resumiendo, mayor efectividad de costes.



Fig.25. Equipo fag top - laser sm arty

#### 2.4.3.1 CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS

- Muestra la desalineación angular y paralela entre dos poleas.
- Trabaja considerablemente rápido y con más precisión que los métodos convencionales.
- Adecuado tanto para máquinas verticales como horizontales.
- El alineado puede efectuarlo un solo operario.
- El sistema también es adecuado para ruedas o poleas no magnéticas

#### 2.4.3.2 DISEÑO DEL APARATO

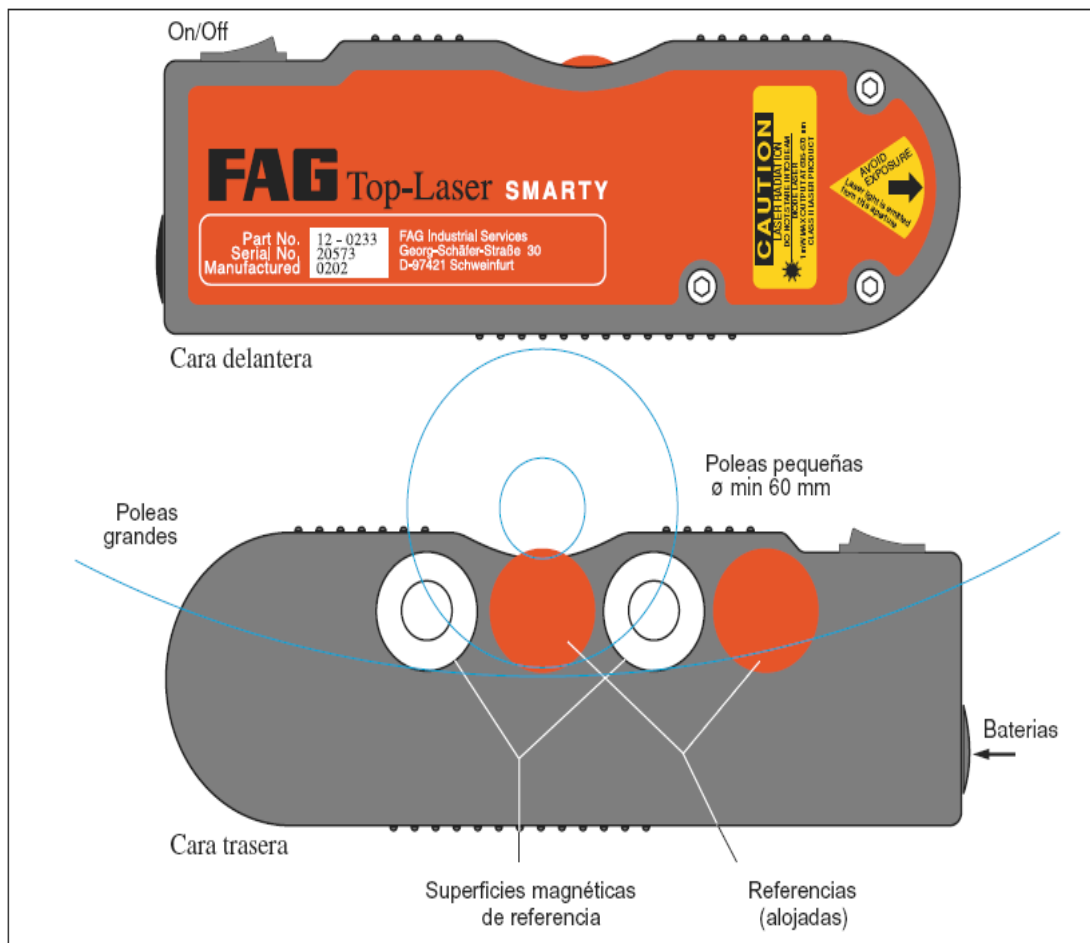


Fig.26. Diseño del aparato

#### 2.4.3.3 USO DEL EQUIPO

El aparato puede montarse en unos segundos. La línea láser puede verse claramente en las referencias. Su máquina está correctamente alineada cuando la línea está ajustada a los centros de referencia.

#### 2.4.3.4 AJUSTE DEL HAZ LÁSER

El haz láser emitido por el aparato está ajustado paralelo a las referencias magnéticas.

Si se observa alguna desviación, el usuario puede comprobarlo en una superficie plana y ajustarlo si fuese necesario.

#### 2.4.3.5 DISCOS DE ALUMINIO

El aparato pesa muy poco, por lo que el emisor y las referencias pueden colocarse en poleas no magnéticas con una cinta adhesiva de doble cara, fuerte.



Fig.27. Discos de aluminio

#### 2.4.3.6 EJEMPLO DE LA ALINEACIÓN DE UNA POLEA

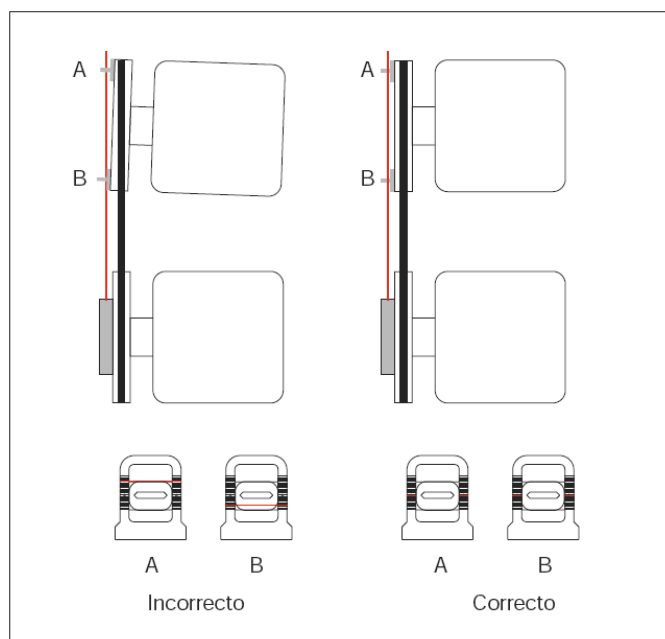


Fig.28. Ejemplo de la alineación de una polea

Cuando se ajustan poleas de distintas anchuras, ajustar las marcas en las referencias.

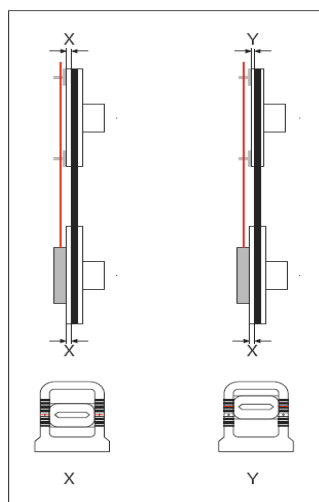


Fig.29. Ajuste de las marcas en las referencias

## 2.5 VALORES RECOMENDADOS PARA EL ALINEAMIENTO DE BANDAS Y POLEAS<sup>12</sup>

Las tolerancias máximas recomendadas por los fabricantes de transmisiones por bandas y poleas oscilan entre 0.25 y 0.5° en función del tipo de banda.

TABLA I. VALORES RECOMENDADOS PARA EL ALINEAMIENTO DE BANDAS Y POLEAS

< °	mm /m	Tolerancia recomendada
0.1	1.75	Rango recomendado
0.2	3.49	
0.3	5.24	
0.4	6.98	Rango recomendado
0.5	8.73	
0.6	10.47	
0.7	12.22	Rango recomendado
0.8	13.96	
0.9	15.71	
1.0	17.45	

<sup>12</sup> BENAVIDES J Y ESPARZA L, Alineamiento de Ejes en Equipos Rotativos, Pág. 22

## 2.6 TÉCNICAS DE CORRECCIÓN DE ANGULARIDAD Y DESALINEAMIENTO EN BANDAS Y POLEAS<sup>13</sup>

### 2.6.1 TÉCNICA GRÁFICA

- Se recomienda usar papel para gráficos, para dibujar el modelo gráfico.
- Use dos barras “T” sobrepuestas para representar cada eje / polea.
- Seleccione un factor de escala apropiado para encajar la maquinaria dentro del papel para graficar.

#### 2.6.1.1 PROCEDIMIENTO BÁSICO

- Comience por dibujar a escala uno de los ejes en el gráfico.
- Dibuje una línea de referencia para representar la distancia entre las dos líneas centrales de los ejes.
- Use una regla recta para dibujar una línea comenzando en un punto en el primer eje dibujado en el gráfico para ir a través del punto en el filo exterior de la polea donde la regla recta toque y un punto que represente el intersticio “gap” que fue medido en el otro lado de la polea.
- Use la barra “T” sobrepuesta para representar el eje del motor y su posición, para reflejar el gap que fue medido a través de la polea en el motor.
- Recepcionar la barra “T” sobre cada eje hasta que se tenga la posición deseada en ambos ejes.
- Mida la distancia entre los pernos de anclaje parte exterior e interior en ambas máquinas.

---

<sup>13</sup> REINA A, Alineamiento Láser, Pág. 15

- Mida la distancia desde las patas interiores a donde la regla recta o la cuerda se va a ubicar para tomar las lecturas del gap en las poleas.
- Mida el diámetro de las poleas.
- Mida la distancia entre las líneas centrales de los ejes.

#### **2.6.2 TÉCNICA DE LA CUERDA O RECTA**

- Verifique que los canales de las poleas tengan el mismo paso, así como el mismo espesor de bordes. Tomarse en cuenta estas diferencias para compensar.
- Extienda la cuerda entre las caras laterales de las dos poleas. La recta obtenida deberá situarse secuencialmente en tres posiciones, central, superior e inferior.
- En cada posición debe observarse que los puntos entran en contacto primero y cuáles no para determinar la posición de las poleas.
- Debe comprobarse también antes de iniciar el alineamiento si hay restricciones de movimiento para el componente móvil.

#### **2.6.3 TÉCNICA LÁSER**

- Es aquella técnica más rápida y precisa empleada en la actualidad para la alineación de poleas.
- Se fija en pocos segundos y cuando el haz de láser proyectado coincide con las muescas de los blancos, las poleas estarán alineadas.

- El alineamiento láser nos permite reducir el desgaste en poleas, correas y rodamientos.
- Reduce el nivel de vibraciones.
- Logra evitar paradas imprevistas.
- Incrementa el tiempo de vida útil de la máquina.
- Alcanza un gran ahorro en los costes energéticos.



## CAPÍTULO III

ELABORACIÓN DE LA MAQUINARIA PARA DIAGNOSTICAR FALLAS  
EN BANDAS Y POLEAS

## 3.1 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINARIA

## Datos de placa del Motor

BP Gold

Tipo	YC112H-4	Número	B009
Potencia	3 Hp	Volts	(110 / 220) V
Intensidad	(36.6 / 18.3) A	RPM	1730
Peso	44 Kg.	H z	60

3.1.1 DATOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA MAQUINARIA PARA  
DIAGNOSTICAR FALLAS EN BANDAS Y POLEAS

TABLA II. DATOS Y CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR

M O T O R		
M a r c a :  B P    G o l d		T i p o :  Y C 1 1 2 H - 4
M o d e l o :  S i n g l e   P h a s e   I n d u c t i o n		S T   C :  2 0 0 0   u F   /   1 2 5 V . A C
A ñ o   d e   a d q u i s i c i o n :  2 0 0 8		F a b r i c a n t e   o   v e n d e d o r :  B P    G o l d
R P M :  1 7 3 0	P o t e n c i a :  3   H P	V o l t a j e :  ( 1 1 0   /   2 2 0 )   V
H Z :  6 0	A m p e r a j e :  ( 3 6 . 6   /   1 8 . 3 )   A	P e s o :  4 4   K g .
T i p o   d e   m o t o r :  C o r r i e n t e   a l t e r n a   _ X _      R o t o r   d e v a n a d o   _ _ _      S h u n t   v a r i a b l e   _ _ _		

### 3.2 ELABORACIÓN DE LOS PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

#### 3.2.1 ESTRUCTURA DE LA MAQUINARIA PARA DIAGNOSTICAR FALLAS EN BANDAS Y POLEAS

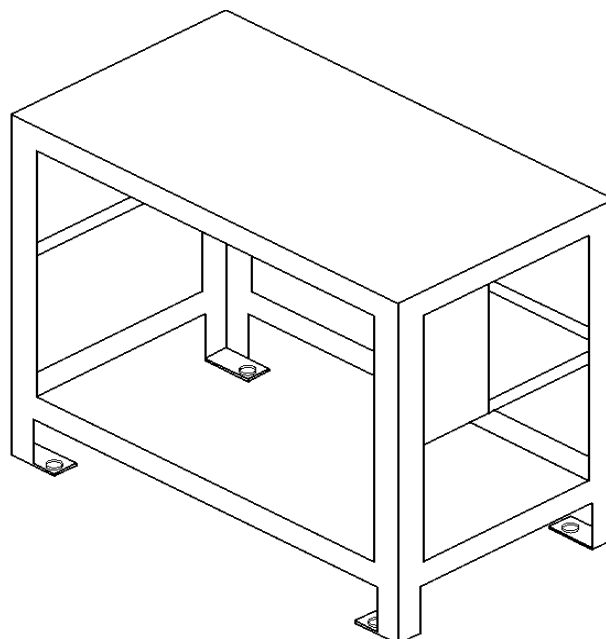


Fig.30. Estructura de la maquinaria para diagnosticar fallas en bandas y poleas

#### 3.2.2 VISTAS DE LA ESTRUCTURA DE LA MAQUINARIA PARA DIAGNOSTICAR FALLAS EN BANDAS Y POLEAS

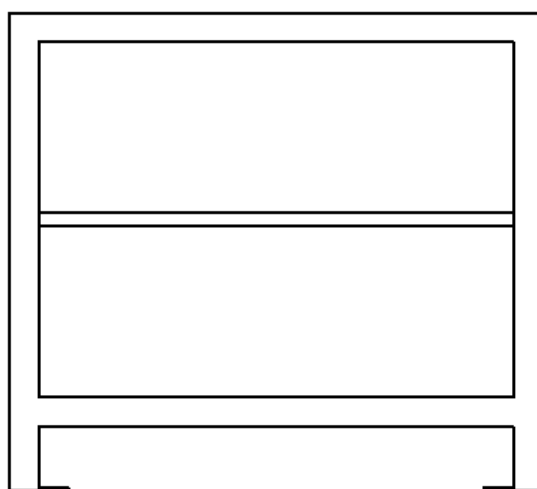


Fig.31. Vista frontal de la estructura de la maquinaria

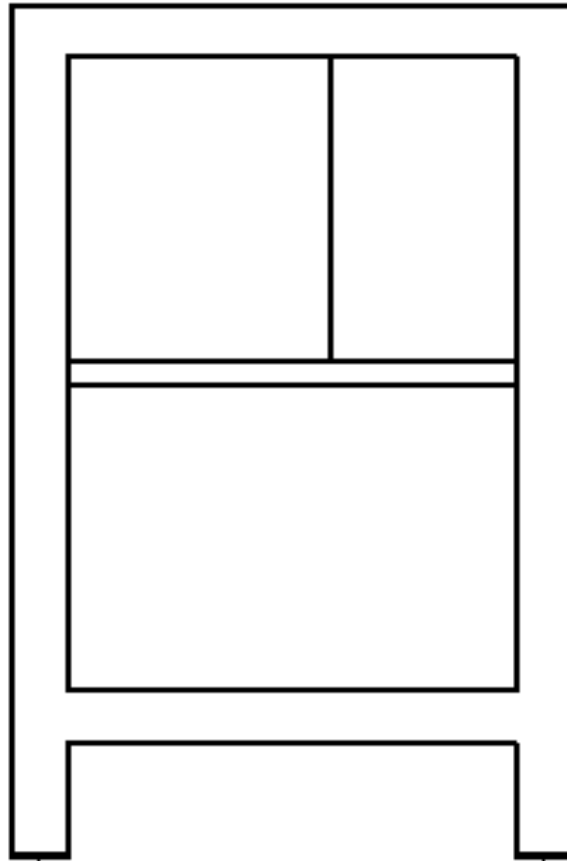


Fig.32. Vista lateral de la estructura de la maquinaria

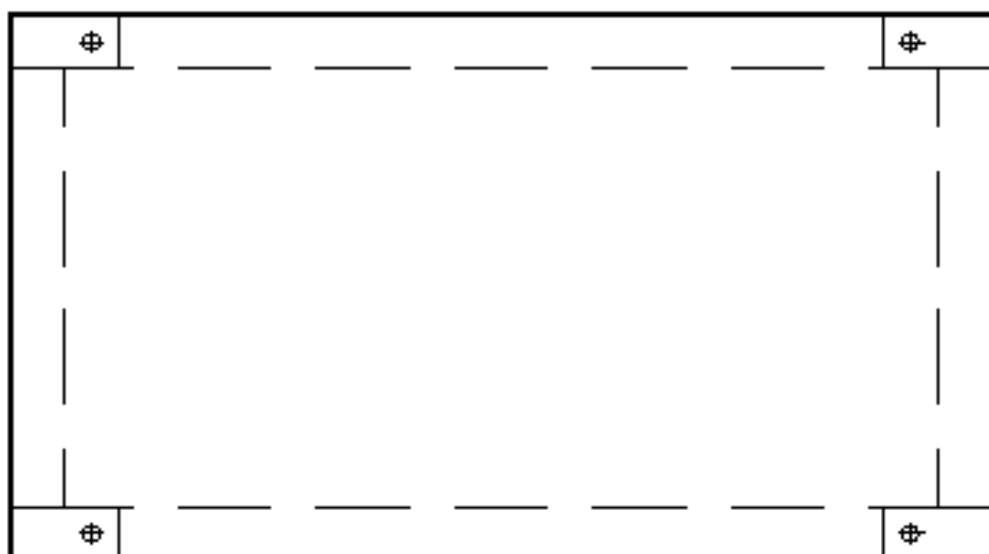


Fig.33. Vista superior de la estructura de la maquinaria

### 3.2.3 MAQUINARIA PARA DIAGNOSTICAR FALLAS EN BANDAS Y POLEAS

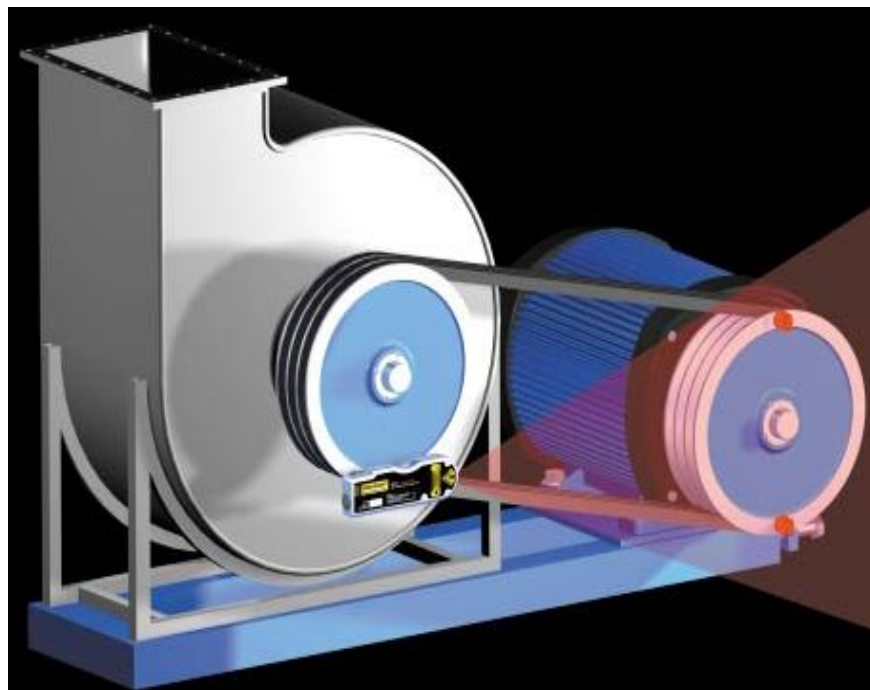


Fig.34. Maquinaria para diagnosticar fallas en bandas y poleas

#### 3.2.3.1 VISTA FRONTAL DE LA MAQUINARIA

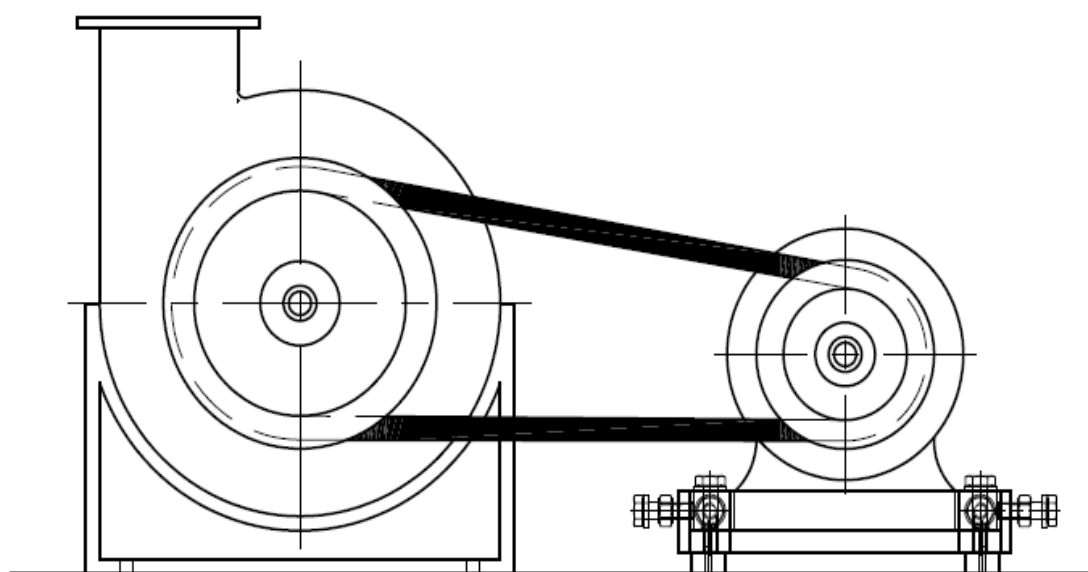


Fig.35. Vista frontal de la maquinaria

### 3.2.3.2 VISTA SUPERIOR DE LA MAQUINARIA

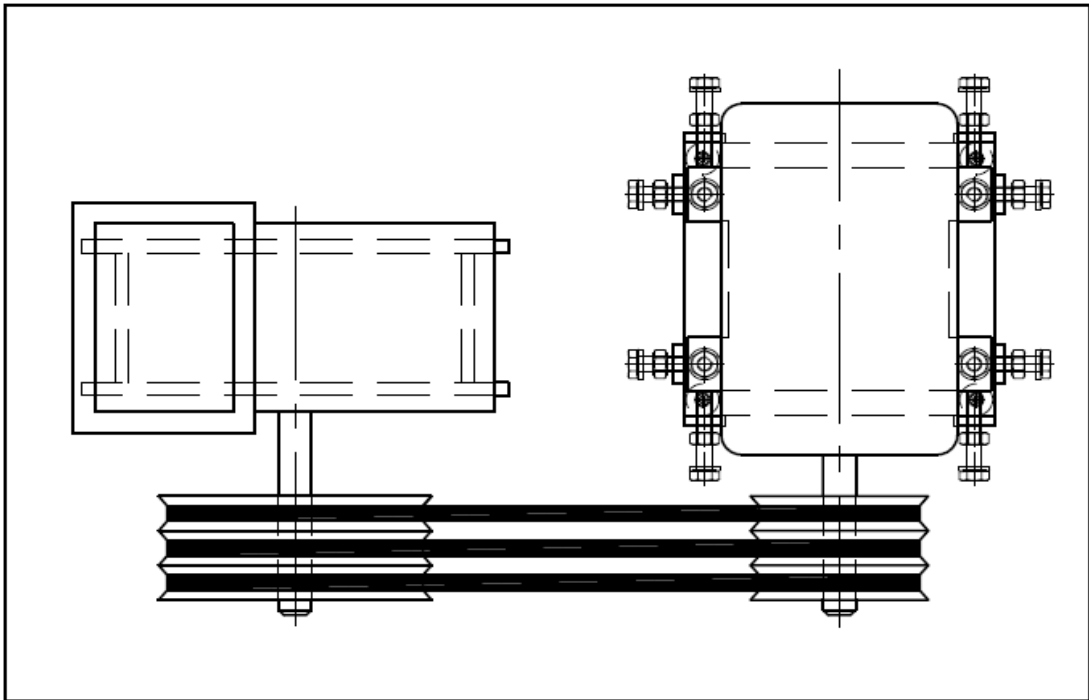


Fig.36. Vista superior de la maquinaria

### 3.2.3.3 VISTA LATERAL DE LA MAQUINARIA

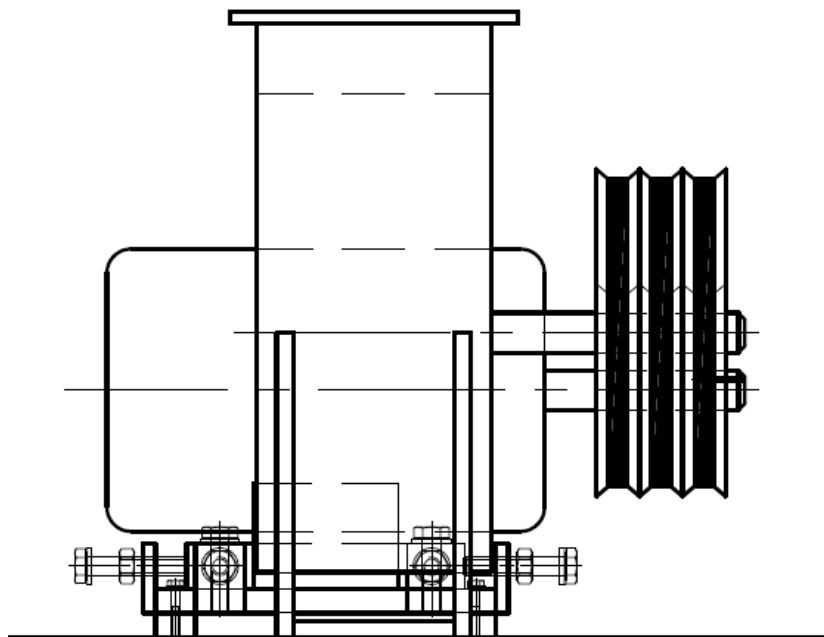


Fig.37. Vista lateral de la maquinaria

### 3.3 CONFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA MAQUINARIA



Fig.38. Conformación de la estructura de la maquinaria

### 3.4 ELEMENTOS DE LA MAQUINARIA

#### 3.4.1 MOTOR



Fig.39. Motor

### 3.4.2 MEZCLADOR

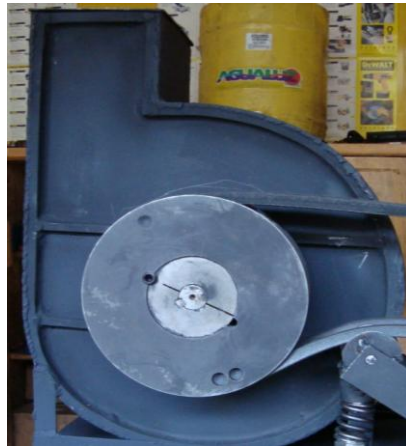


Fig.40. Mezclador

### 3.4.3 BANDAS Y POLEAS

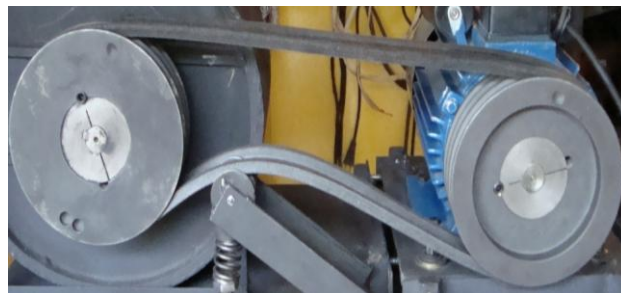


Fig. 41. Bandas y poleas

### 3.4.4 CAJA TÉRMICA



Fig.42. Caja térmica

### 3.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- POTENCIA: 3 HP
- VOLTS: (110 / 220) V
- INTENSIDAD: (36.6 / 18.3) A
- RPM: 1730
- HZ: 60
- POLEAS: TIPO V
- BANDAS: TIPO V

### 3.6 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO PARA LA MAQUINARIA E IMPLEMENTACIÓN

Es importante considerar la resistencia del suelo donde va a ir asentada la maquinaria, de ahí que resultante necesario que ésta nos brinde una plataforma estable para la sujeción y además de ello sea capaz de absorber el movimiento o vibración.

La resistencia del suelo recomendada para las cimentaciones de maquinaria industrial se encuentra entre 3000 psi ( $211 \text{ Kg f / cm}^2$ ) a 4000 psi ( $281 \text{ Kg f / cm}^2$ ).

#### 3.6.1 PORCENTAJES DE MEZCLA RECOMENDADOS PARA LAS CIMENTACIONES

Los porcentajes de mezcla varían en función de la rigidez que se desea alcanzar en la cimentación siendo estos los indicados en la tabla siguiente:



TABLA III. PORCENTAJES DE MEZCLA RECOMENDADOS

M A T E R I A L	B A J A R I G I D E Z	A L T A R I G I D E Z
A g u a	1 5 %	2 0 %
C e m e n t o	7 %	1 4 %
A g r e g a d o s	7 8 %	6 6 %

### 3.7 CÁLCULO DE LA PRESIÓN ESTÁTICA (PE = WE / AR) QUE SE GENERA SOBRE LA BASE DE LA MAQUINARIA

El peso de la maquinaria es:

$$W E = 292 \text{ Kg}$$

Transformándolo a Kg f tenemos:

$$W E = 292 \text{ Kg} (9.80665 \frac{m}{s^2})$$

$$W E = 2863.5418 \text{ Kg f}$$

Cálculo del área de la superficie de contacto:

$$A R = (10 \text{ cm} \times 5 \text{ cm})^4$$

$$A R = 200 \text{ cm}^2$$

Determinación de la presión estática:

$$PE = \frac{WE}{AR}$$

$$PE = \frac{2863.5418 \text{ Kg f}}{200 \text{ cm}^2}$$

$$PE = 14.3177 \text{ Kg f} / \text{cm}^2$$

La resistencia del suelo donde va a ser colocada la maquinaria debe ser mayor que la presión estática que se genera sobre la base de la maquinaria.

Por lo tanto tenemos que:

$$RS > PE$$

$$211 \text{ Kg} / \text{cm}^2 = 14.3177 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

### 3.8 DETERMINACIÓN DE BANDAS Y POLEAS

#### 3.8.1 DETERMINACIÓN DE BANDAS

La determinación de las bandas se efectuó considerando los siguientes parámetros:

- Potencias hasta 750 HP.
- Gran resistencia a la tensión.
- Alta flexibilidad.
- Mayor adhesión a la superficie de contacto.
- Todo tipo de velocidades rotacionales.
- Fáciles de instalar.
- Ahorro en costos hasta un 40 %.
- Perfil de contacto rectificado que ayuda a reducir la vibración.

#### 3.8.2 DETERMINACIÓN DE POLEAS

La determinación de las poleas se efectuó considerando los siguientes parámetros:

- Potencias hasta 750 HP.
- Todo tipo de velocidades rotacionales.
- Alta capacidad magnética.
- Resistencia a temperaturas elevadas.

- Alto rango de diámetros estandarizados disponibles en el mercado.
- Acabados de alta precisión que ayudan a reducir las vibraciones.
- Utilizadas para aplicaciones industriales.
- Disponibles para varios tipos de bandas.

### 3.9 ENSAMBLAJE DE LA MAQUINARIA

#### 3.9.1 ARMADO DE LA ESTRUCTURA DE LA MAQUINARIA

- Medir
- Cortar
- Soldar
- Amolar



Fig.43. Armado de la estructura de la maquinaria

#### 3.9.2 MONTAJE DEL MOTOR

- Medir.
- Señalar.

- Taladrar.
- Colocar pernos.
- Ajustar pernos.



Fig.44. Montaje del motor

### 3.9.3 MONTAJE DEL MEZCLADOR

- Medir.
- Señalar.
- Taladrar.
- Colocar pernos.
- Ajustar pernos.

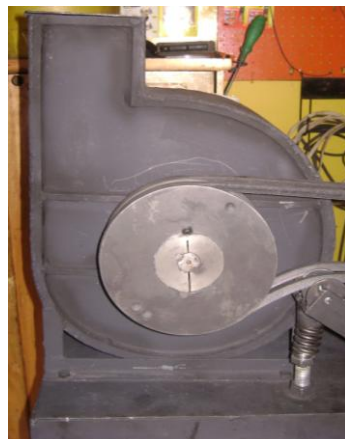


Fig.45. Montaje del mezclador

#### 3.9.4 MONTAJE DE LAS POLEAS

- Colocar las chavetas.
- Colocar prisioneros.
- Ajustar prisioneros

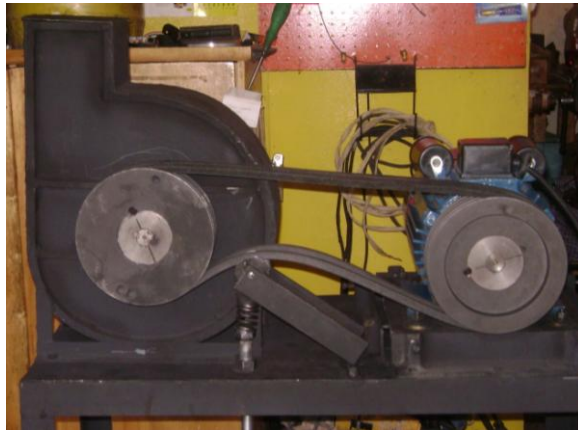


Fig.46. Montaje de las poleas

#### 3.9.5 MONTAJE DE LA CAJA TÉRMICA

- Medir.
- Señalar.
- Taladrar.
- Colocar tornillos.

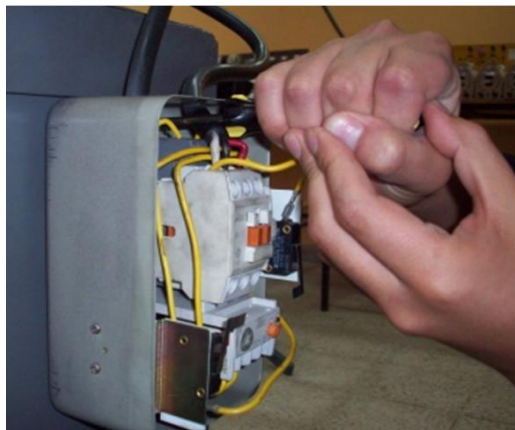


Fig.47. Montaje de la caja térmica

### 3.9.6 ACABADO DE LA MAQUINARIA

- Limpiar.
- Pintar.
- Secar.



Fig.48. Acabado de la maquinaria





#### 4.1.2 PUNTO 1 RADIAL MOTOR LADO ACOPLADO



Fig.49. Punto 1 radial motor lado acoplado

#### 4.1.3 PUNTO 1 TANGENCIAL MOTOR LADO ACOPLADO



Fig.50. Punto 1 tangencial motor lado acoplado



#### 4.1.4 PUNTO 1 AXIAL MOTOR LADO ACOPLADO



Fig.51. Punto 1 axial motor lado acoplado

#### 4.1.5 PUNTO 2 RADIAL MOTOR LADO NO ACOPLADO



Fig.52. Punto 2 radial motor lado no acoplado

#### 4.1.6 PUNTO 2 TANGENCIAL MOTOR LADO NO ACOPLADO



Fig.53. Punto 2 tangencial motor lado no acoplado

#### 4.1.7 PUNTO 2 AXIAL MOTOR LADO NO ACOPLADO



Fig.54. Punto 2 axial motor lado no acoplado

#### 4.1.8 CONFIGURACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN

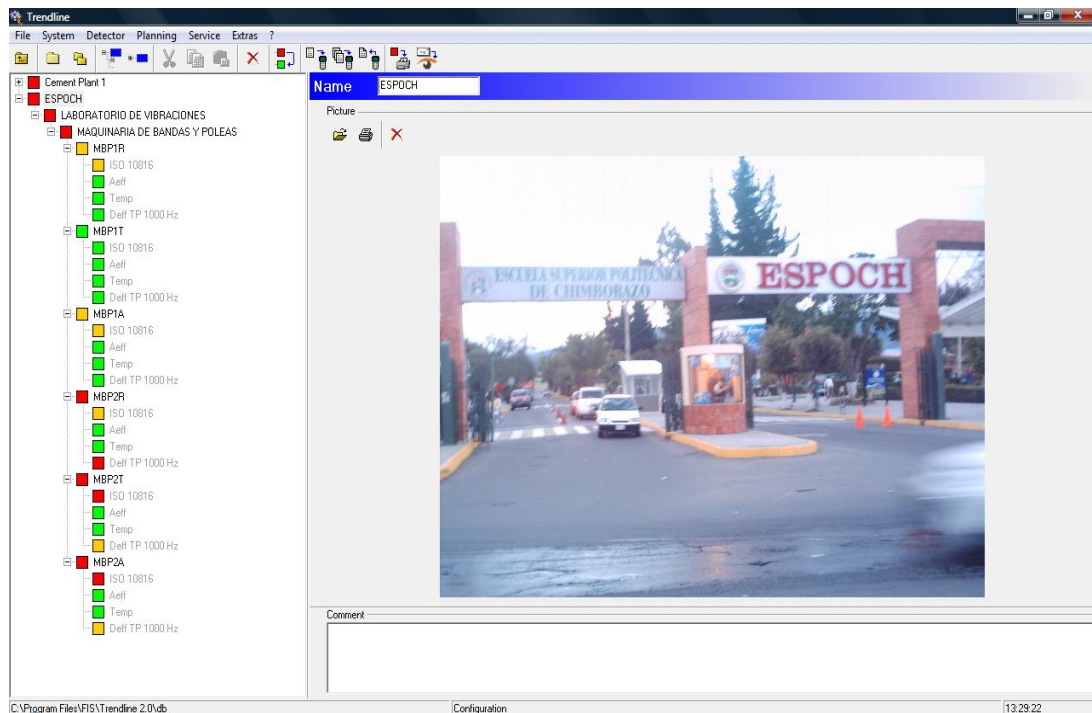


Fig.55. Configuración de los puntos de medición

#### 4.2 CALCULO DE LA FRECUENCIA DE BANDA

La frecuencia de banda se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$f = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{l}$$

donde:

$d$  = diámetro de la polea en m m

$n$  = velocidad de rotación de la polea en RPM

$l$  = longitud de banda en m m

Datos:

$d = 199,965 \text{ m m}$

$n = 1730 \text{ RPM}$

$l = 1300 \text{ m m}$

$$f = \frac{\pi (99,965mm) (730RPM)}{1300mm}$$

$$f = 836 \text{ CPM}$$

#### 4.3 TABLAS DE DIAGNÓSTICO EMPLEADAS EN EL ANÁLISIS VIBRACIONAL

TABLA V. DESBALANCEO

Fuente de Vibración	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Carácter espec. de la Envolvente	Comentarios
Desbalanceo de masa	1x	Radial*	Uniforme	Banda Angosta	Flexión debida a tensiones estáticas que pueden causar un incremento de la amplitud con la temperatura
Dinámico	1x	Radial		Por lo general algunos armónicos 1X	Forma más común de desbalanceo
Par de fuerzas	1x	Radial, Axial			
Rotor sobresaliente	1x	Axial, Radial			

\*El plano radial incluye la dirección tangencial.

TABLA VI. DESALINEACIÓN

Fuente de Vibración	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Carácter espec. de la envolvente	Comentarios
Desalineación Angular	1x, 2x	Axial	Uniforme	Banda Angosta	La mayoría de las desalineaciones son una combinación de paralelo y angular
Desalineación paralelo	1x, 2x	Radial	Uniforme	Banda Angosta	En largos acoplamientos, 1X será más alto
Combinación de paralelo y angular	1x, 2x	Radial, Axial	Uniforme	Banda Angosta	Desalineación también se ve múltiplos de 2X
Rodamiento chueco	2x, 1x incrementados y tonos de rodamiento	Radial, Axial	Alta Uniforme	Banda Angosta	Generalmente acompañada de componentes axiales
Impulsadora desalineada	2x, incremento en armónicos de ritmo de alabes	Radial	Uniforme	Banda Angosta	Generalmente acompañada de amplitudes bajas axiales
Desalineamiento de engranes	Fuerte ritmo de engrane	Radial, Axial	Uniforme	Generalmente bandas laterales alrededor del ritmo del engrane	Armónicos de engrane son comunes

TABLA VII. FLECHA DE FLEXIÓN

Fuente de Vibración	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Carácter espec. de la envolvente	Comentarios
Flecha con flexión ligera	1X, 2X	Radial, Axial	Uniforme	Banda Angosta	Movimiento céntrico en el acoplamiento parece desbalanceo
Flecha con flexión al acoplamiento	1X, 2X	Radial, Axial	Uniforme	Banda Angosta Quizás armónicos de 2X, 3X	Movimiento céntrico en el acoplamiento parece desalineación

TABLA VIII. PROBLEMAS DE RODAMIENTOS CON GORRONES

Fuente de Vibración	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Carácter espec. de la envolvente	Comentarios
Remolino de Aceite	0.38X, hasta 0.48X	Radial		Pico Agudo	
Latigazo de Aceite	0.38X, hasta 0.48X	Radial		Pico Agudo	Movimiento excéntrico en la masa del rotor parece desbalanceo. Movimiento excéntrico en el acoplamiento parece desalineación
Juego excesivo en el rodamiento	Armónicos de 1X	Radial		Protuberancia en la serie de los armónicos	4X hasta 8X y/o 7X hasta 15X
Holgura en el Rodamiento con Gorriones Rechina	0.5X, 1X	Radial		Armónicos 0.5	
Rodamientos de Gorriones de Empuje. Rodamientos Zapatillas Kingsbury	1X, Ritmo de la zapatilla Kingsbury	Axial		Armónicos 1X, Armónicos del ritmo de zapatilla Kingsbury	Generalmente seis

TABLA IX. PROBLEMAS DE RODAMIENTOS CON ELEMENTOS

## RODANTES

Observen: X: frecuencia de rotación

ftf: frecuencia fundamental de tren (aprox. 0.38X hasta 0.42X)



bsf: frecuencia de rotación de bola (aprox. 1.5X hasta 3X)

bpfi: frecuencia de paso de bola, anillo interior (aprox. 4X hasta 10X)

bpfo: frecuencia de paso de bola, anillo exterior (aprox. 2X hasta 7X)

Fuente de Vibración	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Carácter espec. de la envolvente	Comentarios
Anillo interior defectuoso. Defecto pequeño	bpfi, armónicos de bpfi	Radial	Uniforme	Picos no sincrónicos	Carga radial
Defecto interior defectuoso. Un defecto moderado	bpfi con armónicos y bandas laterales de 1X	Radial	Modulado en Amplitud	Picos no sincrónicos con bandas laterales de 1X.	Niveles de carga radial incrementados
Anillo interior defectuoso. Dos o tres defectos pequeños	bpfi y armónicos. Radial prominentes	Radial	Alta, Uniforme	Banda Ancha	El ruido de banda ancha incrementa
Anillo interior defectuoso. Múltiples pequeños defectos Aspereza alrededor del anillo.	bpfi y armónicos prominentes	Radial	Alto, Uniforme	Picos no Sincrónicos	El ruido de banda ancha incrementa
Anillo exterior defectuoso. Un pequeño defecto	bpfo y armónicos	Radial	Uniforme	Picos no Sincrónicos	Los armónicos tienen un más alto que la frecuencia fundamental.
Anillo exterior defectuoso Un solo defecto moderado	bpfo y armónicos	Radial	Uniforme	Picos no Sincrónicos	El ruido de banda ancha incrementa
Bola o rodillo defectuoso. (Unico)	bsfy armónicos	Radial	Alta Uniforme	Banda Angosta	
Bolas defectuosas (varias)	bsfy armónicos	Radial	Uniforme	Banda Angosta	El ruido de banda ancha incrementa

Jaula defectuosa rota en un lugar.	Ruido de banda ancha	Radial	Uniforme	Banda ancha	Nivel de ruido bajo
Jaula rota en pedazos	Ruido de banda ancha	Radial	Uniforme	Banda Ancha	Ruido causado por los pedazos de la jaula en el rodamiento
Precarga o lubricación inadecuada	Ruido de alta frecuencia montón de “heno”	Radial		Banda Ancha	El ruido de banda ancha incrementa
Holgura del rodamiento girando en la Flecha	Armónicos 1x	Radial		Banda Angosta	Número y amplitud de los armónicos en función de la holgura.
Holgura en el cárter	1X, 2X, 3X	Radial		Banda Agosta	
Holgura extrema o falla	0.5X, 1X Armónicos	Radial			Línea de base del ruido de baja frecuencia se va elevando.
Juego excesivo en un rodamiento	Armónicos 0.5X, 1X	Radial			4X hasta 8X o 7X hasta 15X
Rodamiento Chueco	2X, 1X, Tonos de rodamiento	Radial, Axial	Elevado Uniforme	Banda Angosta	Diferencia de fase de 180 grados en medidas axiales en cada lado del cárter del rodamiento.

TABLA X. HOLGURA MECÁNICA

Fuente de Vibración	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Carácter espec. de la envolvente	Comentarios
Holgura de la base	Armónicos 1X	Generalmente tangencial	Uniforme	Banda Angosta	Indicado por flexibilidad de la base
Holgura en Rodamiento Gorrón	Armónicos 1X	Radial	Uniforme	Banda Angosta	Los armónicos se pueden extender hasta 10X.
Holgura extrema de rodamiento con gorrón	Armónicos 0.5X	Radial	Uniforme		A veces también hay armónicos 0.25X

TABLA XI. PROBLEMAS DE MOTOR ELÉCTRICO

Fuente de Vibración	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Carácter espec. de la envolvente	Comentarios
Contacto incorrecto cepillos del conmutador (Motores CD)	$f = \frac{C X}{60} = \text{Hz}$	Radial		Banda Angosta	C = número de segmentos del conmutador X = velocidad de la máquina (RPM)
Barras de rotor rotas	1X	Radial	A veces batido	Banda Angosta	A veces causa bandas laterales de deslizamiento en 2X alrededor de 120 Hz
Paso de ranuras de motor a inducción	$S = \frac{B X}{60} \pm 120$	Radial			S = frecuencia de paso de ranuras del rotor en HZ B = número de barras del rotor X = velocidad del rotor (RPM) 120 = doble de la frecuencia de línea en Hz

TABLA XII. PROBLEMAS DE BOMBAS

Observen: V = número de álabes de la bomba.

T = número de dientes del engrane.

S = número de hilos en la rosca.

Fuente de Vibración	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Carácter espec. de la envolvente	Comentarios
Holgura no Rotativa	1X, 2X, 3X	Radial	Uniforme	Banda Angosta	Armónicos hasta 10X
Holgura rotativa (rotores, impulsadores, etc.)	Paso de álabes	Radial	Varía de arranque a arranque	Banda Angosta	A veces también armónicos 0.5X
Bombas Centrífugas con V álabes	Paso de álabes = Cantidad de álabes X RPM	Radial	Ritmo de álabes fluctuando	Armónicos de la bomba	En bombas largas la amplitud más fuerte ocurre al ritmo de los álabes. En bombas más pequeñas, la amplitud más fuerte ocurre a los armónicos del ritmo de los álabes
Bombas con engranajes de T dientes	Engranaje = Tx	Radial			Más que una voluta de descarga (como en bombas con rotores múltiples) creará armónicos de la frecuencia de engranaje
Rotor Rozando	0.5X, 1X	Radial	Uniforme	Banda Angosta	Puede excitar el rotor críticamente
Bombas a Husillo	SX	Radial			Número de hilos en la rosca
Cavitación o hambruna	Aleatorio	Radial	Fluctúa	Banda Ancha	A veces ruido aleatorio, hasta 20 khz



TABLA XIII. PROBLEMAS DE TURBINAS

Fuente de Vibración	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Carácter espec. de la envolvente	Comentarios
Problema de juego del rotor	Ritmo de paso de álabes del rotor	Radial	Uniforme	Banda Angosta	Los Armónicos por lo general son más altos en nivel que 1x. Bandas laterales alrededor del paso de álabes en 1x.

TABLA XIV. PROBLEMAS DE VENTILADORES

Fuente de Vibración	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Carácter espec. de la envolvente	Comentarios
Problema de juego de aspas y del cárter del ventilador	Ritmo de aspas =X veces el número aspas	Radial	Uniforme	Banda Angosta	A veces hay armónicos al paso de aspas
Desbalanceo del Ventilador	1X	Radial	Uniforme	Banda Angosta	
Problema de paso	1X	Axial	Uniforme	Banda Angosta	
Velocidad de aire desigual	Paso de Aspas	Radial	Uniforme	Banda Angosta	

TABLA XV. PROBLEMAS DE BANDAS

Fuente de Vibración	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Carácter espec. de la envolvente	Comentarios
Bandas mal emparejadas, desgastadas o estiradas	Múltiplos de la frecuencia de banda (B). Por lo general, 2B es lo más fuerte.	Radial en línea con las bandas	Puede hacer un batido con fluctuaciones si 2B está cerca de cualquiera de las flechas		B siempre es inferior a 1X
Poleas excéntricas o desbalanceadas	Flecha 1x	Radial	Uniforme		Se confunde fácil con desbalanceo
Desalineación de la banda o de la polea	1x de la conductora o la conducida	Axial	Uniforme		Confirmar con un estroboscopio
Resonancia de la banda	Varía	Radial	Puede fluctuar		Resonancia de la banda sin relación con la velocidad de rotación
Tensión de la banda Incorrecta	Picos de la frecuencia de banda, generalmente predomina el 2B	Radial	Inestable		Puede producir resonancia en la banda. Puede incrementar el desgaste de los rodamientos

TABLA XVI. PROBLEMAS DE COMPRESOR

Fuente de Vibración	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Carácter espec. de la envolvente	Comentarios
Tipo Difusor	Paso de álabes	Radial	Uniforme	Banda Angosta	
Tipo Pistón	2x	Radial, Axial	Uniforme	Banda Angosta	Por lo general armónicos 1x

TABLA XVII. PROBLEMAS DE ENGRANES

Fuente de Vibración	Frecuencia de excitación	Plano dominante	Amplitud	Carácter espec. de la envolvente	Comentarios
Contacto de dientes incorrecto (Engranaje)	x veces número de dientes en el engrane	Radial, Axial	Uniforme, a veces con batidos	Banda Angosta	Muchas veces con 1x de las bandas laterales de cualquiera de los dos engranes
Excentricidad del engrane	1x engranaje	Radial		Banda Angosta	El engrane puede ser balanceado pero montado en un rotor desbalanceado. Bandas laterales 1x están presentes alrededor del engranaje.
Desalineación de engranes	2X engranaje	Axial	Uniforme	Banda Angosta	Bandas laterales 1x alrededor del engranaje
Línea de paso Movimiento excéntrico, Desbalanceo de masa o dientes defectuosos	1x más la frecuencia del engranaje	Radial para engranes rectos, más axial para engranes helicoidales simples o dobles.	Uniforme	Banda Angosta	Bandas laterales 1x alrededor del engranaje
Errores de fabricación	Engranaje, Frecuencia fantasma por lo general no sincrónico con 1X	Radial	Uniforme	Banda Angosta	Errores de fabricación debido a problemas en los engranes de activación de la fresadora y la cortadora pueden causar componentes fantasmas.
Problemas de engranes planetarios	Dependen en gran parte de la geometría de la caja	Radial	Uniforme	Banda Angosta	Es común encontrar bandas laterales alrededor del engranaje al ritmo de la órbita del engrane planeta

## CAPÍTULO V

### EVALUACIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

El monitoreo vibracional de la maquinaria para diagnosticar fallas en bandas y poleas se lo realizó con el equipo DETECTOR II, indicado en el ANEXO A.

##### 5.1.1 ESPECTRO OBTENIDO EN EL PUNTO 1 RADIAL MOTOR LADO ACOPLADO

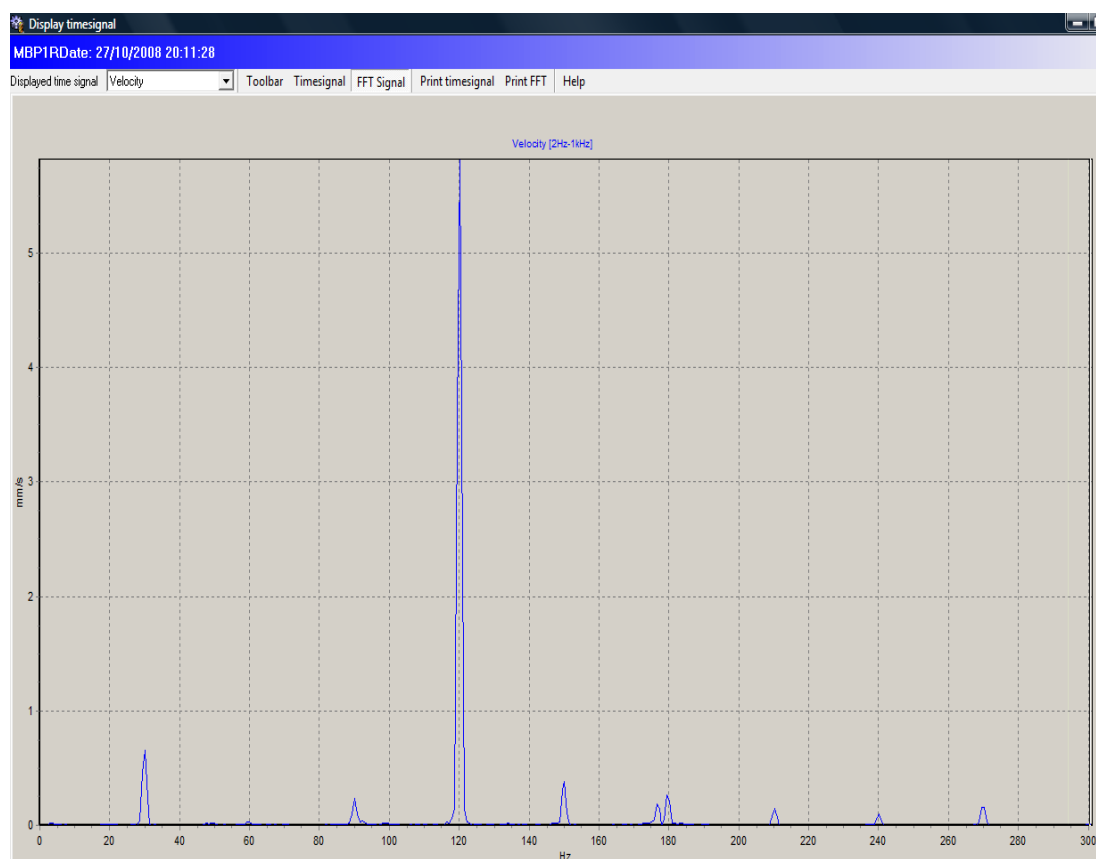


Fig.56. Espectro obtenido en el punto 1 radial motor lado acoplado

## ANÁLISIS

Tenemos un valor pico de 4.33 mm/seg en 120 Hz, el mismo que nos indica una prealarma según la norma ISO 10816.

## DIAGNÓSTICO

Al tener un pico elevado en 120 Hz, podemos deducir que a futuro existirá un **Problema de Fase Eléctrica**.

## RECOMENDACIÓN

Realizar una revisión completa del estator ya que este es el más afectado en el motor.

### 5.1.2 ESPECTRO OBTENIDO EN EL PUNTO 1 TANGENCIAL MOTOR

#### LADO ACOPLADO

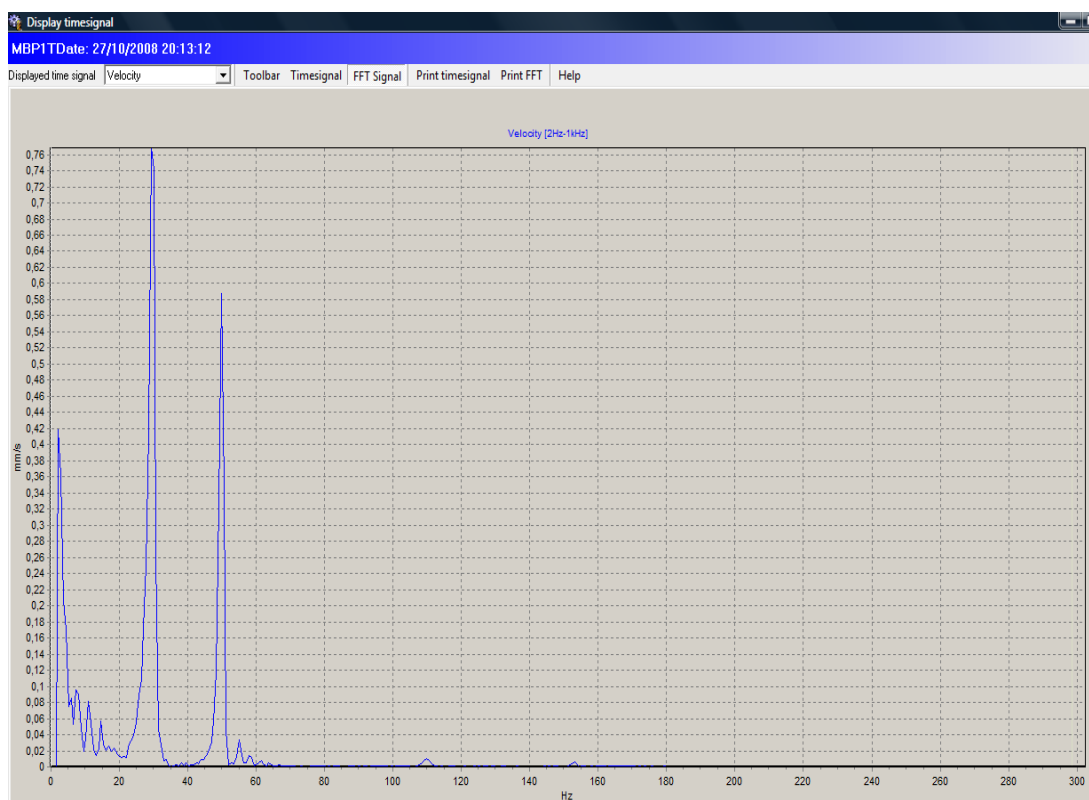


Fig.57. Espectro obtenido en el punto 1 tangencial motor lado acoplado

## ANÁLISIS

No existen picos altos, ni niveles de alarma según la norma ISO 10816, ya que ningún pico alcanza valores ni de 1 mm/seg.

## DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, ya que los picos son muy bajos.

## RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el banco de pruebas, para seguir manteniendo los resultados actuales.

### 5.1.3 ESPECTRO OBTENIDO EN EL PUNTO 1 AXIAL MOTOR LADO

#### ACOPLADO

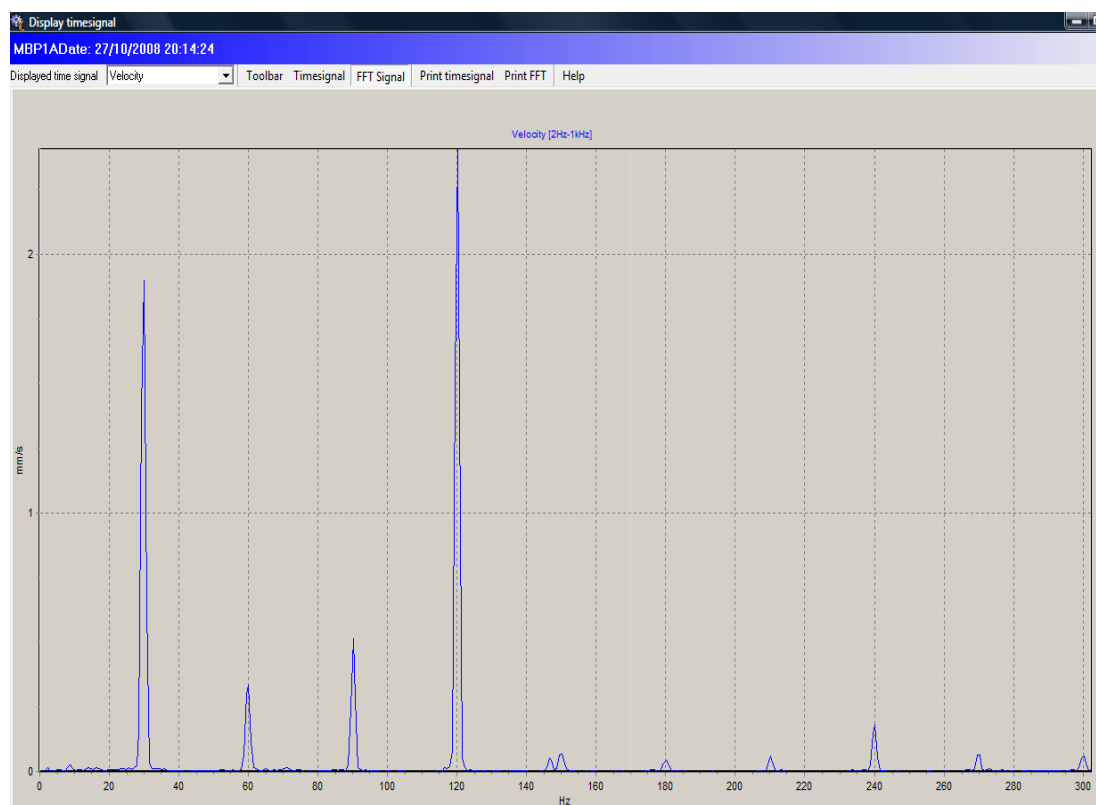


Fig.58. Espectro obtenido en el punto 1 axial motor lado acoplado

## ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto es de 2.38 mm/seg.

## DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, ya que los picos son muy bajos.

## RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el banco de pruebas, para seguir manteniendo los resultados actuales.

### 5.1.4 ESPECTRO OBTENIDO EN EL PUNTO 2 RADIAL MOTOR LADO

#### NO ACOPLADO

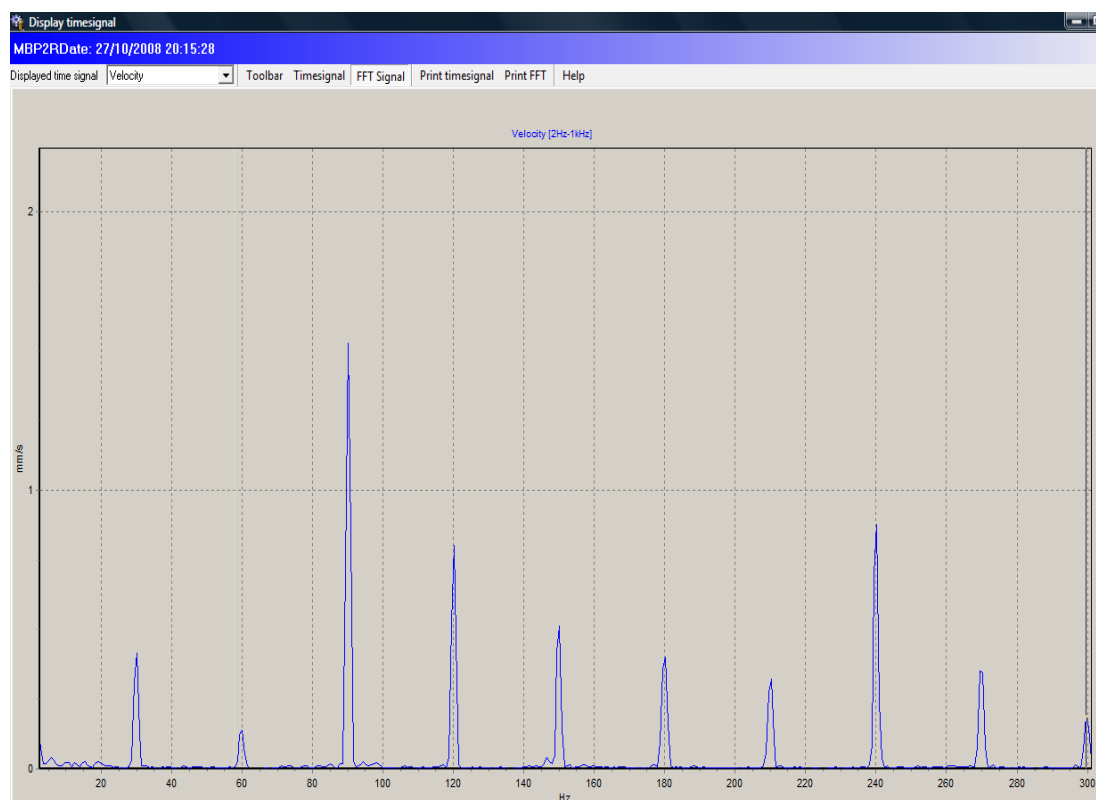


Fig.59. Espectro obtenido en el punto 2 radial motor lado no acoplado

## ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto no alcanza ni a 2 mm/seg.

## DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, ya que los picos son muy bajos.

## RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el banco de pruebas, para seguir manteniendo los resultados actuales.

### 5.1.5 ESPECTRO OBTENIDO EN EL PUNTO 2 TANGENCIAL MOTOR

#### LADO NO ACOPLADO

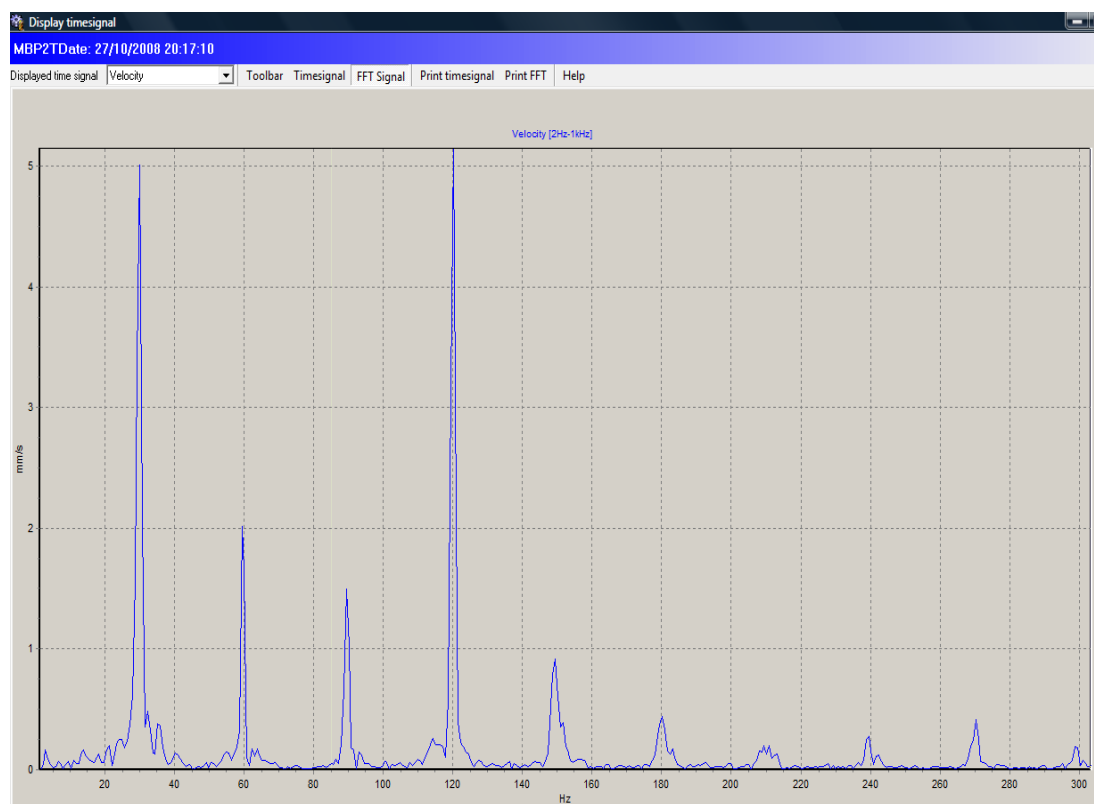


Fig.60. Espectro obtenido en el punto 2 tangencial motor lado no acoplado

## ANÁLISIS

Como se puede observar en la figura tenemos valores picos muy elevados en 1XT y en 120 Hz, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

## DIAGNÓSTICO

- La holgura entre una máquina y su base incrementará el componente de vibración 1X en la dirección tangencial, por lo que el pico elevado en 1XT nos muestra un **Problema de Holgura de base o flexibilidad transversal**.
- Además en un motor eléctrico, el doble de la frecuencia de línea siempre es un componente de vibración que se puede medir, por lo que el pico elevado en 120 Hz nos indica que hay un **Problema de fase eléctrica**.

## RECOMENDACIÓN

La flexibilidad transversal u holgura de base puede ser causada por varios defectos por lo que se recomienda revisar si existe:

- Pernos flojos.
- Corrosión.
- Cuarteaduras en la estructura de montaje.
- Anclaje incorrecto entre el banco de pruebas y el piso.

El problema de fase eléctrica se debe a que en esta frecuencia, la atracción entre el rotor y el estator es variable y las dimensiones del hierro cambian un poco en presencia de un campo magnético variable debido a la constricción magnética, por lo que resulta necesario revisar el estado del estator.



### 5.1.6 ESPECTRO OBTENIDO EN EL PUNTO 2 AXIAL MOTOR LADO NO ACOPLADO

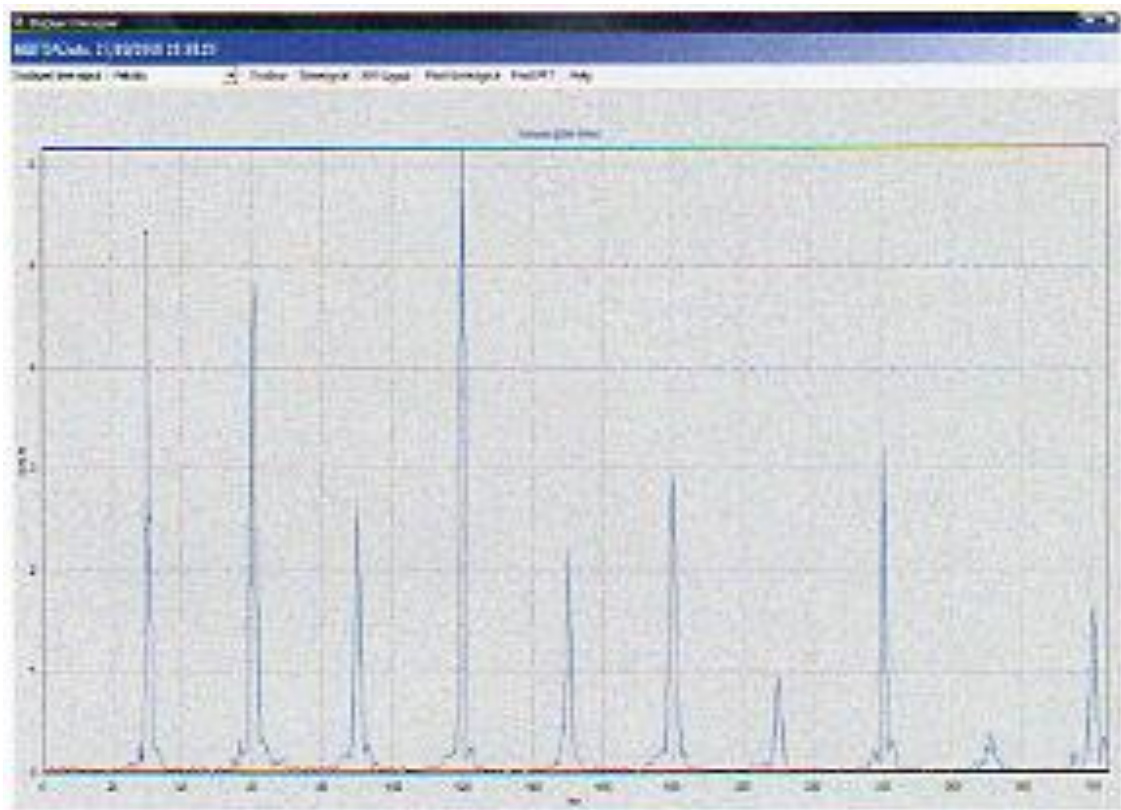


Fig.61. Espectro obtenido en el punto 2 axial motor lado no acoplado

### ANÁLISIS

De igual manera al observar la figura tenemos valores picos muy elevados en 1X A, 2X A y en 120 Hz, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

### DIAGNÓSTICO

- Las fuertes componentes axiales 1X A y armónicos axiales de la frecuencia fundamental de la banda nos indica que existe un **Problema de Desalineación de la polea.**

- La generación de una fuerte vibración en 1X, y algo de vibración en 2X en la dirección axial en ambos rodamientos y de fase opuesta, nos indica que hay un **Problema de Desalineación angular**.
- Además en un motor eléctrico, el doble de la frecuencia de línea siempre es un componente de vibración que se puede medir, por lo que el pico elevado en 120 Hz nos indica que hay un **Problema de fase eléctrica**.

### RECOMENDACIÓN

Para solucionar la desalineación de la polea se debe proceder a alinear las mismas con la ayuda de un alineador láser de poleas.

La desalineación angular se puede evitar si se analiza las siguientes causas por las cuales se produce:

- Ensamblado impreciso de los componentes.
- La posición relativa de los componentes se altera después del montaje.
- Distorsión debido a fuerzas
- Distorsión en soportes flexibles debido a torque.
- Expansión de la estructura de la máquina debido al alza de la temperatura.
- La desalineación produce una variedad de síntomas en tipos diferentes de máquinas y se deben consultar las firmas de vibraciones promedios para máquinas sanas con el fin de determinar los niveles permisibles de 1X y 2X.

El problema de fase eléctrica se debe a que en esta frecuencia, la atracción entre el rotor y el estator es variable y las dimensiones del hierro cambian un poco en presencia de un campo magnético variable debido a la constricción magnética, por lo que se recomienda revisar el estado del estator.

## 5.2 RESULTADOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA CORRECCIÓN DE DEFECTOS

### 5.2.1 ESPECTRO OBTENIDO EN EL PUNTO 1 RADIAL MOTOR LADO ACOPLADO

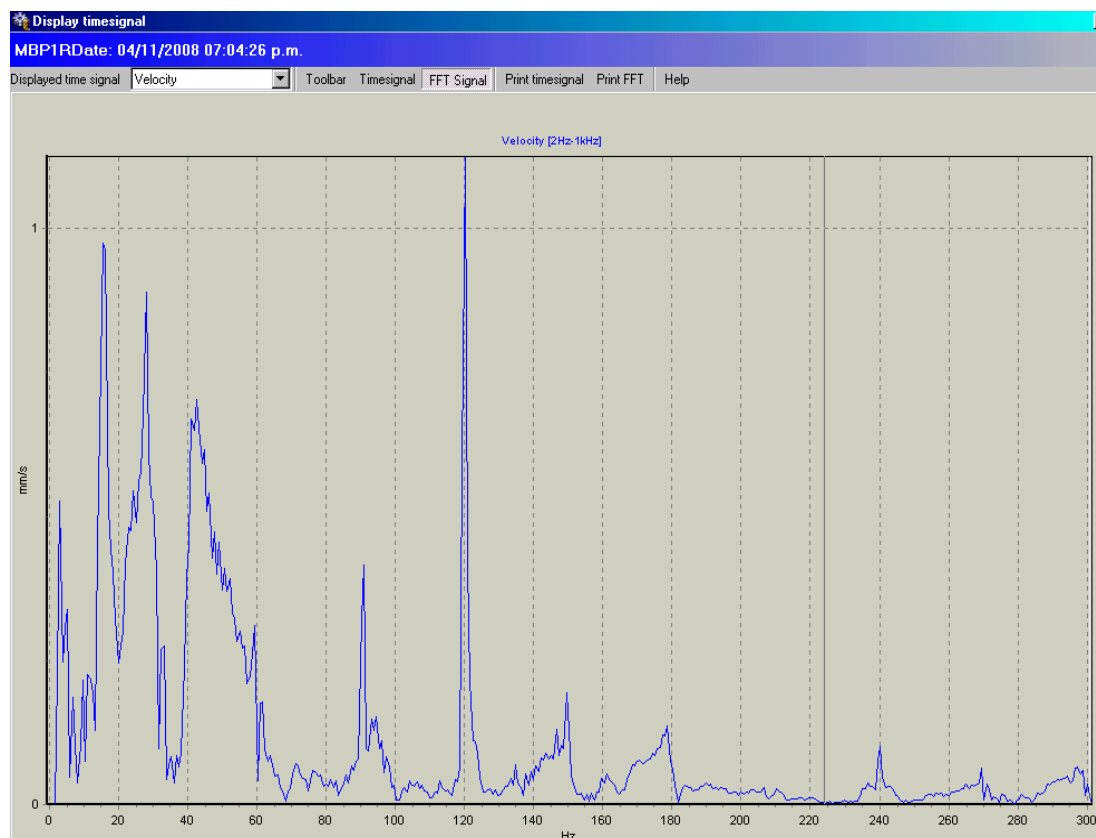


Fig.62. Espectro obtenido en el punto 1 radial motor lado acoplado

## ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto no alcanza ni a 1.5 mm/seg.

## DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, ya que los picos son muy bajos.

## RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el banco de pruebas, para seguir manteniendo los resultados actuales.

### 5.2.2 ESPECTRO OBTENIDO EN EL PUNTO 1 TANGENCIAL MOTOR LADO ACOPLADO

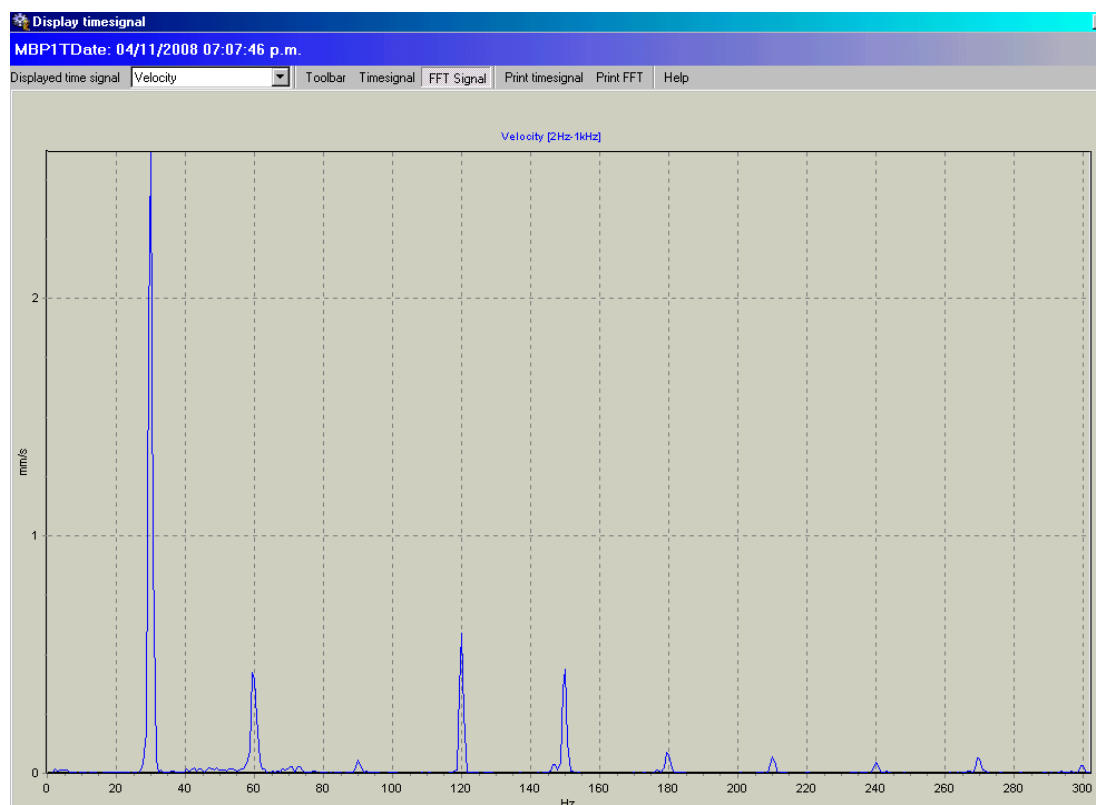


Fig.63. Espectro obtenido en el punto 1 tangencial motor lado acoplado

## ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto no alcanza ni a 3 mm/seg.

## DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, ya que los picos son muy bajos.

## RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el banco de pruebas, para seguir manteniendo los resultados actuales.

### 5.2.3 ESPECTRO OBTENIDO EN EL PUNTO 1 AXIAL MOTOR LADO ACOPLADO

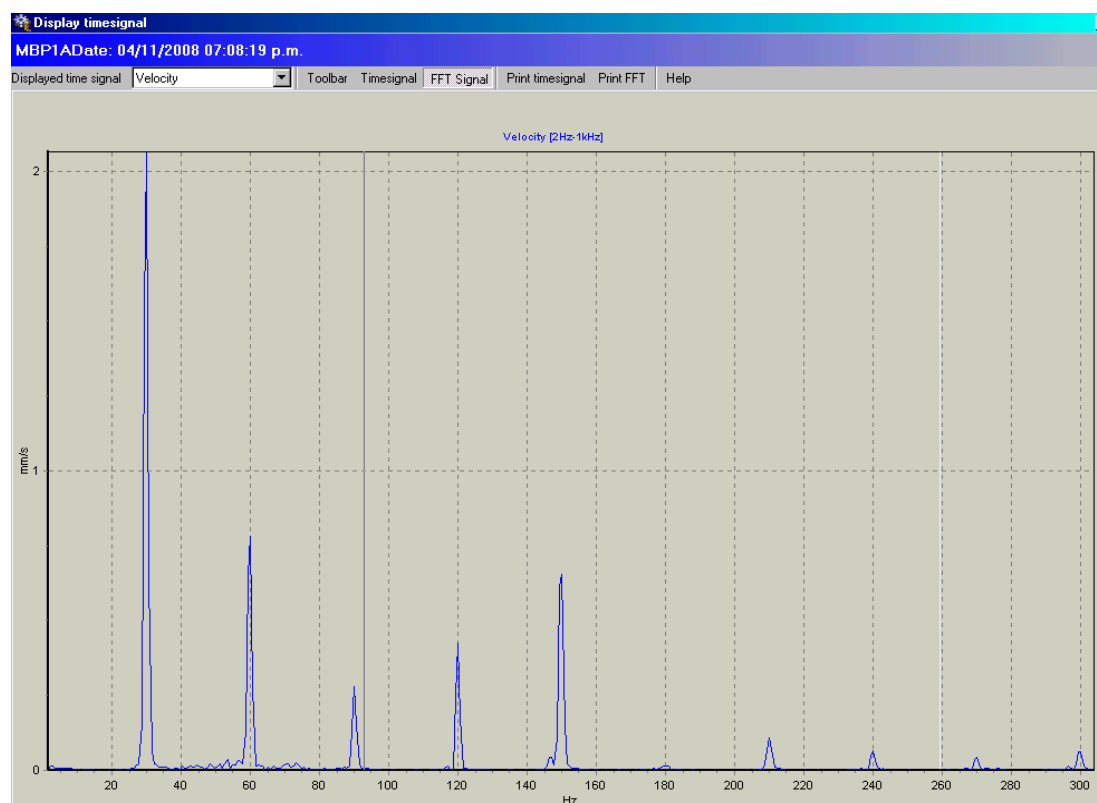


Fig.64. Espectro obtenido en el punto 1 axial motor lado acoplado

## ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto no alcanza ni a 2.5 mm/seg.

## DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, ya que los picos son muy bajos.

## RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el banco de pruebas, para seguir manteniendo los resultados actuales.

### 5.2.4 ESPECTRO OBTENIDO EN EL PUNTO 2 RADIAL MOTOR LADO NO ACOPLADO

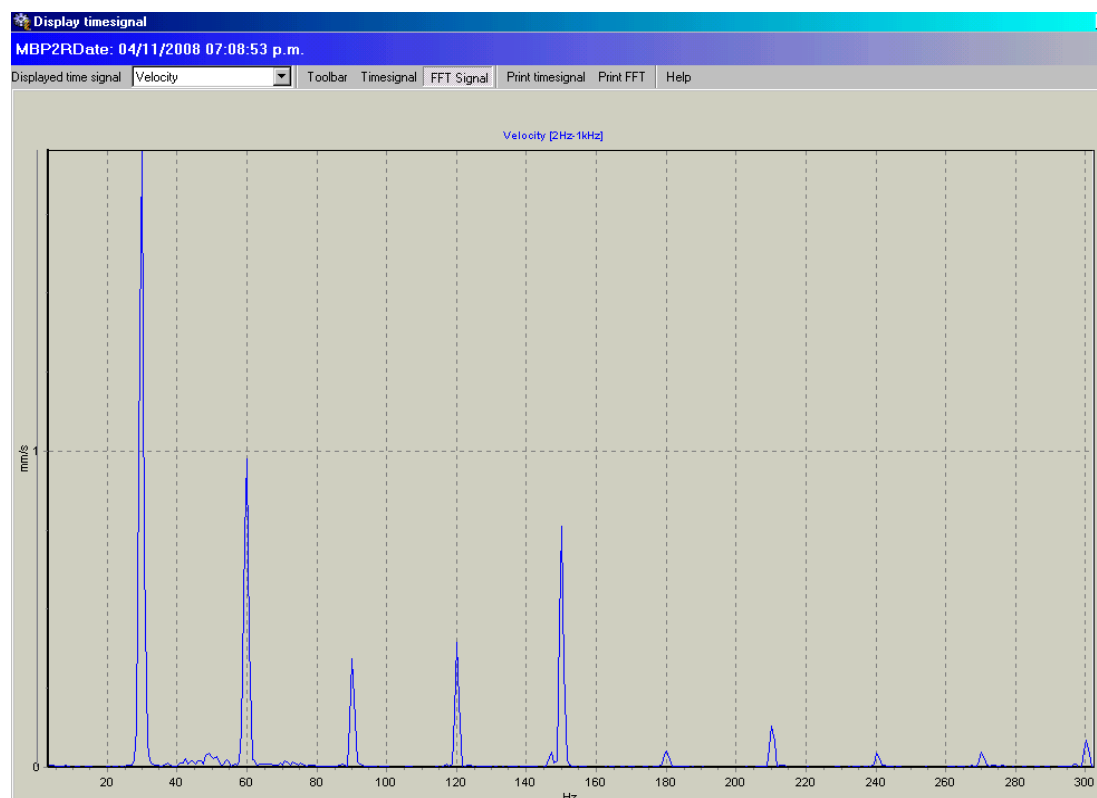


Fig.65. Espectro obtenido en el punto 2 radial motor lado no acoplado

## ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto no alcanza ni a 2 mm/seg.

## DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, ya que los picos son muy bajos.

## RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el banco de pruebas, para seguir manteniendo los resultados actuales.

### 5.2.5 ESPECTRO OBTENIDO EN EL PUNTO 2 TANGENCIAL MOTOR LADO NO ACOPLADO

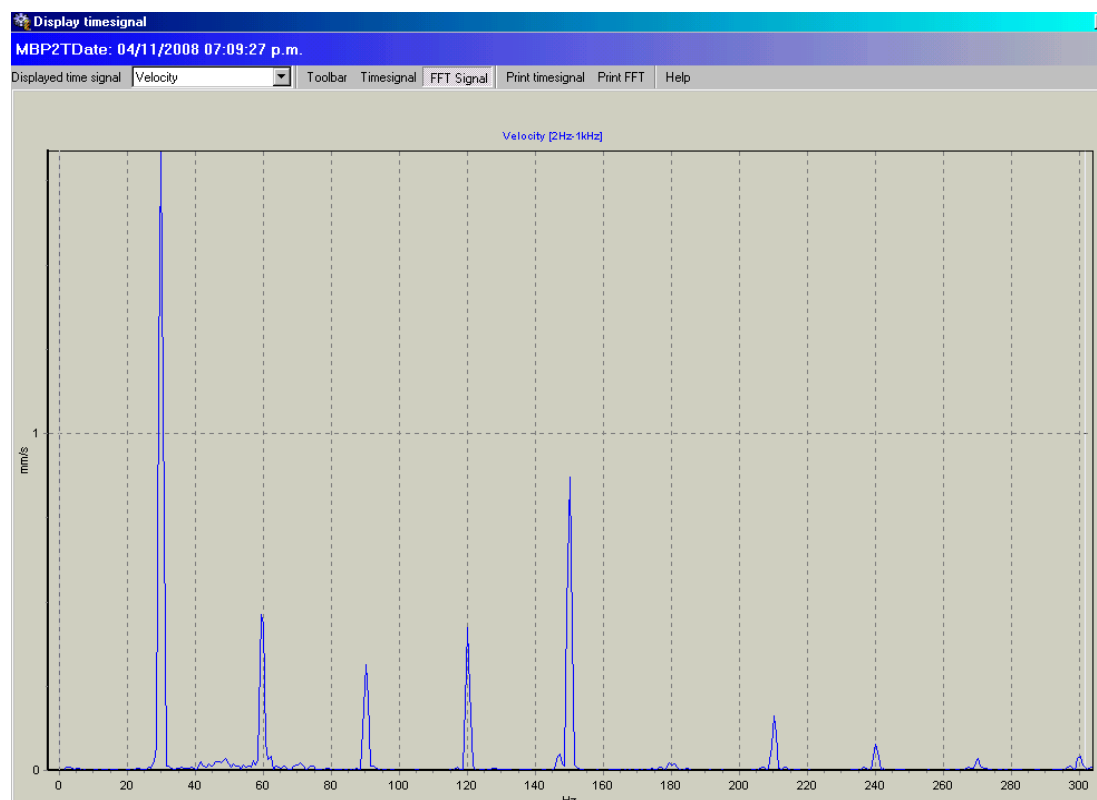


Fig.66. Espectro obtenido en el punto 2 tangencial motor lado no acoplado

## ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto no alcanza ni a 2 mm/seg.

## DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, ya que los picos son muy bajos.

## RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el banco de pruebas, para seguir manteniendo los resultados actuales.

### 5.2.6 ESPECTRO OBTENIDO EN EL PUNTO 2 AXIAL MOTOR LADO NO ACOPLADO

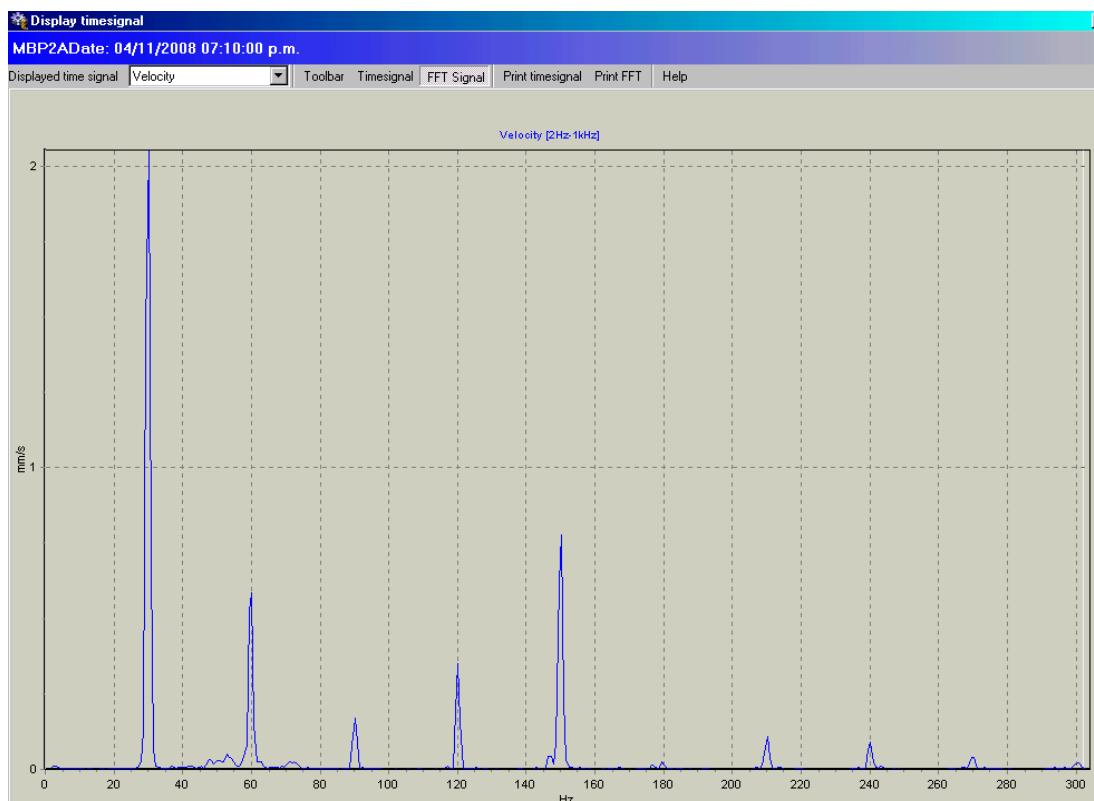


Fig.67. Espectro obtenido en el punto 2 axial motor lado no acoplado

## ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto no alcanza ni a 2.5 mm/seg.

## DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, ya que los picos son muy bajos.



## RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el banco de pruebas, para seguir manteniendo los resultados actuales.

En el ANEXO B se indican varios equipos que pueden ser utilizados para efectuar la corrección de los defectos producidos en bandas y poleas.

### 5.3 NORMA ISO 10816

Norma internacional que clasifica a las máquinas en grupos de acuerdo a la potencia del motor. Mientras más grande es la máquina, mayor es su capacidad de soportar vibración.

La norma ISO 10816 es aplicable para máquinas que giran a frecuencias de rotación entre 600 y 12000 rpm, con registros de vibración tomados en carcasa.

Límites Mm/seg	Clase					
	I	II	III	IV	V	VI
71						
45						
28						
18						
11						
7.1						
4.5						
2.8						
1.8						
1.1						
0.7						
0.5						
0.3						

Fig.68. Norma Iso 10816

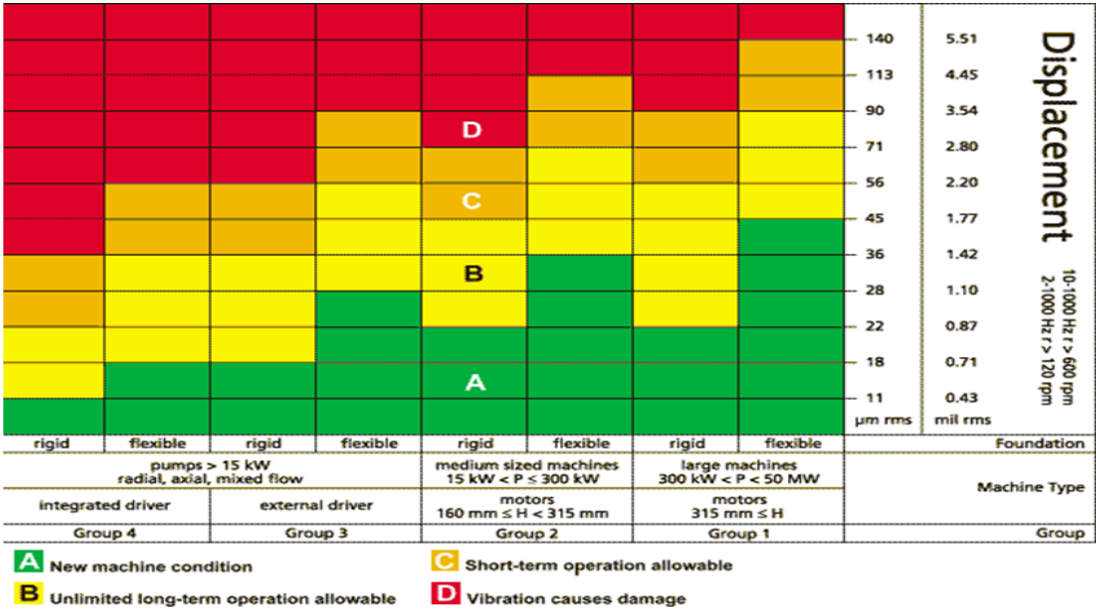


Fig.69. Norma Iso 10816 – 3

5.4 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

5.4.1 BANCO DE TAREAS, FRECUENCIAS, PROCEDIMIENTOS, EQUIPOS, HERRAMIENTAS, MATERIALES, Y REPUESTOS PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

TABLA XVIII. INSPECCIÓN DEL MOTOR

INSPECCIÓN DEL MOTOR
FRECUENCIA: 360 horas
PROCEDIMIENTO:  M áquina en funcionamiento: <ul style="list-style-type: none"><li>• Revisión de parámetros de funcionamiento: voltajes, am perajes, tem peratura y velocidad.</li><li>• Detectar ruidos anormales en rodamientos y poleas.</li></ul> M áquina apagada: <ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar estado de bandas.</li><li>• Reajuste de pernos y de todos los circuitos.</li><li>• Notificar daños m ayores.</li></ul>
EQUIPOS:

<b>HERRAMIENTAS:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maletín de herramientas.</li> </ul>
<b>MATERIALES:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guaipe.</li> </ul>
<b>REPUESTOS:</b>

TABLA XIX. INSPECCIÓN ELÉCTRICA

INSPECCIÓN ELÉCTRICA
<b>FRECUENCIA:</b> 360 horas
<b>PROCEDIMIENTO:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza e inspección de instrumentos de control de voltajes, amperajes y velocidad.</li> <li>• Inspección del sistema de arranque.</li> <li>• Limpieza de contactares, relés y regletas.</li> <li>• Prueba de funcionamiento de la unidad.</li> </ul>
<b>EQUIPOS:</b>
<b>HERRAMIENTAS:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maletín de herramientas.</li> <li>• Fuente universal.</li> <li>• Tacómetro.</li> <li>• Multímetro.</li> </ul>
<b>MATERIALES:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guaipe.</li> </ul>
<b>REPUESTOS:</b>

TABLA XX. CALIBRACIÓN Y COMPROBACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

CALIBRACIÓN Y COMPROBACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL
<b>FRECUENCIA:</b> 6000 horas
<b>PROCEDIMIENTO:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibración de presostatos.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión y cambio de los instrumentos de control que se encuentren en mal estado.</li> <li>• Calibración de los instrumentos de control nuevos y verificar el; voltaje, amperaje, temperatura y velocidad.</li> <li>• Calibración de control de RPM .</li> <li>• Revisión de los tableros de control de arranque local, lubricación, prelubricación y precalentamiento.</li> <li>• Revisión de circuitos y funcionamiento de sistemas auxiliares.</li> <li>• Cambio de contactos de arranque manual.</li> <li>• Cambio de lámparas piloto quemadas</li> <li>• Prueba de funcionamiento.</li> </ul>
<b>EQUIPOS:</b>
<b>HERRAMIENTAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• M aletín de herramientas.</li> <li>• Fuente universal.</li> <li>• D écada.</li> </ul>
<b>MATERIALES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guaípe.</li> </ul>
<b>REPUESTOS:</b>

TABLA XXI. CAMBIO DE RODAMIENTOS

<b>CAMBIO DE RODAMIENTOS</b>
<b>FRECUENCIA:</b> 12000 horas
<b>PROCEDIMIENTO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A pagar y desenergizar la unidad.</li> <li>• Desmontar el motor.</li> <li>• Sacar las tapas.</li> <li>• Extraer los rodamientos.</li> <li>• Limpiar el motor.</li> <li>• Barnizar los bobinados.</li> <li>• Calentar los nuevos Rodamientos.</li> <li>• Colocar nuevos rodamientos.</li> <li>• Colocar las tapas.</li> <li>• Montar el motor.</li> <li>• Realizar pruebas de funcionamiento.</li> <li>• Comparar los nuevos parámetros.</li> </ul>
<b>EQUIPOS:</b>
<b>HERRAMIENTAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• M aletín de herramientas.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extractor.</li> <li>• Torcómetro.</li> </ul>
<b>M A T E R I A L E S :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guaípe.</li> <li>• Aceite</li> <li>• Tiñer</li> <li>• Gasolina</li> </ul>
<b>REPUESTOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rodamientos.</li> </ul>

TABLA XXII. LUBRICACIÓN

LUBRICACIÓN
<b>FRECUENCIA:</b> 1000 horas
<b>PROCEDIMIENTO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la unidad.</li> <li>• Retirar rodamientos.</li> <li>• Limpiar los rodamientos.</li> <li>• Lubricar con aceite los elementos que lo requieran</li> <li>• Lubricar con grasa los elementos que se requieran tomando en cuenta las recomendaciones del fabricante.</li> <li>• Encender la unidad.</li> <li>• Realizar prueba de funcionamiento.</li> <li>• Realizar correcciones de si es necesario.</li> </ul>
<b>EQUIPOS:</b>
<b>HERRAMIENTAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maletín de herramientas.</li> <li>• Extractor.</li> <li>• Torcómetro.</li> </ul>
<b>MATERIALES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guaípe.</li> <li>• Aceite</li> <li>• Grasa</li> <li>• Tiñer</li> <li>• Gasolina</li> </ul>
<b>REPUESTOS:</b>

TABLA XXIII. CONTROL DE LA TENSION Y ESTADO DE LAS BANDAS Y  
POLEAS

CONTROL DE LA TENSION Y ESTADO DE LAS BANDAS Y POLEAS
<b>FRECUENCIA:</b> 720 horas
<b>PROCEDIMIENTO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la máquina.</li> <li>• Revisar manualmente el estado de las bandas.</li> <li>• Revisar el estado de las poleas.</li> <li>• Medir distancia entre centros.</li> <li>• Verificar holguras de las poleas, en caso de existir corregirlas.</li> </ul>
<b>EQUIPOS:</b>
<b>HERRAMIENTAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maletín de herramientas.</li> <li>• Calibrador.</li> <li>• Flexómetro.</li> </ul>
<b>MATERIALES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guaipe.</li> </ul>
<b>REPUESTOS:</b>

TABLA XXIV. CAMBIO DE BANDAS Y POLEAS

CAMBIO DE BANDAS Y POLEAS
<b>FRECUENCIA:</b> 12000 horas
<b>PROCEDIMIENTO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar el grupo.</li> <li>• Sacar defensas de bandas.</li> <li>• Cambio de bandas y poleas.</li> <li>• Tensar las bandas.</li> <li>• Alineación de poleas.</li> <li>• Colocar defensas de bandas.</li> <li>• Verificar el funcionamiento.</li> </ul>
<b>EQUIPOS:</b>
<b>HERRAMIENTAS:</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maletín de herramientas.</li> <li>• Extractor.</li> </ul>
<b>M A T E R I A L E S :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guaípe.</li> </ul>
<b>REPUESTOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bandas.</li> <li>• Poleas.</li> </ul>

En el ANEXO C se indica de forma detallada precauciones, procedimientos, problemas y soluciones que se deben considerar al realizar el mantenimiento preventivo en bandas y poleas.

## 5.5 PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

### 5.5.1 BANCO DE TAREAS, FRECUENCIAS, PROCEDIMIENTOS, EQUIPOS, HERRAMIENTAS, MATERIALES, Y REPUESTOS PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

TABLA XXV. ANÁLISIS VIBRACIONAL

ANÁLISIS VIBRACIONAL
FRECUENCIA: Trimestral
<b>PROCEDIMIENTO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Armar las rutas de medición en un computador.</li> <li>• Transferir las rutas al equipo.</li> <li>• Escoger el transductor más adecuado.</li> <li>• Armar el acelerómetro y el medidor de temperatura.</li> <li>• Medir en cada punto establecido con el banco en funcionamiento.</li> <li>• Guardar los datos tomados.</li> <li>• Transferir los datos al computador.</li> <li>• Realizar el análisis de los espectros.</li> </ul>


<b>EQUIPOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detector II.</li> <li>• Pirómetro.</li> <li>• Computador.</li> </ul>
<b>HERRAMIENTAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acelerómetro.</li> <li>• Cable de datos para puerto serial.</li> </ul>
<b>MATERIALES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Batería de 9 V</li> <li>• Guaípe.</li> </ul>
<b>REPUESTOS:</b>

TABLA XXVI. ALINEACIÓN DE POLEAS

ALINEACIÓN DE POLEAS
<b>FRECUENCIA:</b> Trimestral
<b>PROCEDIMIENTO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibrar el alineador.</li> <li>• Armar el alineador de poleas en el banco.</li> <li>• Medir la alineación con el banco apagado.</li> <li>• Revisar los datos tomados.</li> <li>• Rectificar la alineación de las poleas si es necesario.</li> <li>• Verificar la alineación con el banco en funcionamiento.</li> </ul>
<b>EQUIPOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alineador de poleas.</li> <li>• Computador.</li> </ul>
<b>HERRAMIENTAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cable de datos para puerto serial.</li> </ul>
<b>MATERIALES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Batería de 9 V</li> <li>• Guaípe.</li> </ul>
<b>REPUESTOS:</b>


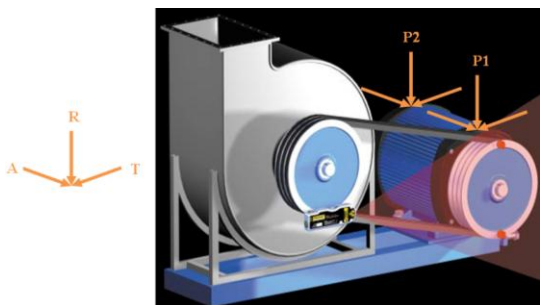


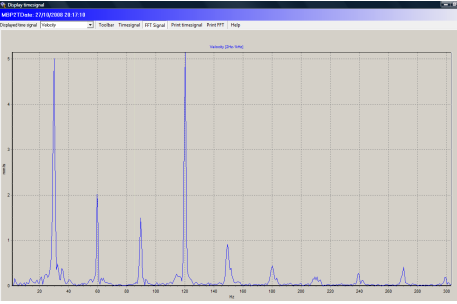
## 5.6 FORMATO PARA REALIZAR LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE MECÁNICA</p> <p>ESCUELA DE “INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO”</p>	<p>Práctica N°</p>
<p>LABORATORIO DE ANÁLISIS VIBRACIONAL Y ALINEAMIENTO LÁSER</p>		
<p>INFORMACIÓN GENERAL</p>		
<p>Nombre:</p>		
<p>Semestre:</p>		
<p>Fecha:</p>		
<p>Instructor:</p>		
<p>TEMA:</p>		
<p>OBJETIVOS</p>		
<p>OBJETIVO GENERAL:</p>		
<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p>		
<p>DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN</p>		
<p>PROCEDIMIENTO:</p>		

<b>EQUIPOS:</b>	<b>MATERIALES:</b>	<b>HERRAMIENTAS:</b>
<b>ESPECTRO OBTENIDO</b>		
<b>ANÁLISIS:</b>		
<b>DIAGNÓSTICO:</b>		
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		
<b>CONCLUSIONES:</b>		
<b>RECOMENDACIONES:</b>		

## 5.7 PRÁCTICA PARA VERIFICAR SI EXISTE PROBLEMAS DE HOLGURA DE BASE Y FASE ELÉCTRICA

	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE “INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO”</b>	Práctica N° 01
<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS VIBRACIONAL Y ALINEAMIENTO LÁSER</b>		
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b> <b>Nombre:</b> Flavio Arturo León Toapanta <b>Semestre:</b> Noveno <b>Fecha:</b> 23/12/2008 <b>Instructor:</b> Ing. Manuel Morocho		
<b>TEMA:</b> Verificación de la existencia de problemas de holgura de base y fase eléctrica		
<b>OBJETIVOS</b>  <b>OBJETIVO GENERAL:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar la existencia de problemas de holgura de base y fase eléctrica</li> </ul> <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar el análisis vibracional</li> <li>Interpretar el espectro obtenido</li> <li>Analizar las posibles causas de los problemas</li> </ul>		
<b>DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN</b>		
		
<b>PROCEDIMIENTO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Armar las rutas de medición en un computador.</li> <li>Transferir las rutas al equipo.</li> <li>Escoger el transductor más adecuado.</li> <li>Armar el acelerómetro y el medidor de temperatura.</li> <li>Medir en cada punto establecido con el banco en funcionamiento.</li> <li>Guardar los datos tomados.</li> <li>Transferir los datos al computador.</li> <li>Realizar el análisis de los espectros.</li> </ul>		

<b>EQUIPOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detector II.</li> <li>• Pirómetro.</li> <li>• Computador.</li> </ul>	<b>MATERIALES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Batería de 9 V</li> <li>• Guaípe.</li> </ul>	<b>HERRAMIENTAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acelerómetro.</li> <li>• Cable de datos para puerto serial.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>ESPECTRO OBTENIDO</b></p> 		
<p><b>ANÁLISIS:</b></p> <p>Como se puede observar en el espectro tenemos valores picos muy elevados en 1X T y en 120 Hz, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.</p>		
<p><b>DIAGNÓSTICO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La holgura entre una máquina y su base incrementará el componente de vibración 1X en la dirección tangencial, por lo que el pico elevado en 1X T nos muestra un <b>Problema de Holgura de base o flexibilidad transversal</b>.</li> <li>• Además en un motor eléctrico, el doble de la frecuencia de línea siempre es un componente de vibración que se puede medir, por lo que el pico elevado en 120 Hz nos indica que hay un <b>Problema de fase eléctrica</b>.</li> </ul>		
<p><b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b></p> <p><b>CONCLUSIONES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Al realizar el análisis vibracional se obtuvo como resultados que si existen problemas.</li> <li>• Interpretando el espectro efectivamente comprobamos que hay problemas de holgura de base y de fase eléctrica.</li> <li>• Las posibles causas que producen estos problemas se detallan en las recomendaciones.</li> </ul> <p><b>RECOMENDACIONES:</b></p> <p>La flexibilidad transversal u holgura de base puede ser causada por varios defectos por lo que se recomienda revisar si existe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pernos flojos.</li> <li>• Corrosión.</li> <li>• Cuarteaduras en la estructura de montaje.</li> <li>• Anclaje incorrecto entre el banco de pruebas y el piso.</li> </ul> <p>El problema de fase eléctrica se debe a que en esta frecuencia, la atracción entre el rotor y el estator es variable y las dimensiones del hierro cambian un poco en presencia de un campo magnético variable debido a la constricción magnética, por lo que resulta necesario revisar el estado del estator.</p>		

## 5.8 PRÁCTICAS QUE SE PUEDEN REALIZAR EN LA MAQUINARIA

Gracias a la versatilidad de la construcción de la maquinaria, se pueden simular diversas fallas y de esta manera los estudiantes pueden realizar el análisis vibracional y familiarizarse con los problemas que se producen en maquinarias compuestas por transmisión de bandas y poleas.

También tendrán la oportunidad de conocer los espectros tipo que se dan en cada caso y lo más importante es que conocerán las posibles causas que producen dichos problemas y las acciones correctivas que se deben tomar para evitar que se produzca los mismos.

Los diferentes problemas que se pueden simular en la maquinaria son:

- Desalineación de bandas y poleas.
- Angularidad de bandas y poleas.
- Excentricidad.
- Distensión.
- Resonancia de la banda.

Además se pueden analizar otros tipos de problemas como:

- Holgura mecánica eje – agujero.
- Soltura estructural.
- Las diferentes fallas de rodamientos.
- Problemas eléctricos.
- Desalineación angular y paralela.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

- Se implementó una maquinaria para diagnosticar fallas en bandas y poleas mediante análisis vibracional, en el Laboratorio de Análisis Vibracional y Alineamiento Láser de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento.
- Se realizó el análisis de los diferentes tipos de angularidad que se producen en bandas y poleas, conociendo de forma general los tres tipos de angularidad, la angularidad vertical donde los dos ejes o poleas no están paralelos, desalineación paralela donde las dos poleas están paralelas pero no en línea y la angularidad horizontal donde las máquinas no están ni en paralelo, ni en línea.
- Se analizó los tipos de desalineación que se producen en bandas y poleas, donde se conoció la desalineación paralela, la desalineación angular y la combinación de las dos, ya que la desalineación paralela y angular es la que con mayor frecuencia se produce en las maquinarias.
- Se conoció las técnicas de alineamiento que han ido evolucionando a través del tiempo comenzando con la utilización de la regla, luego el reloj de carátula y llegando a la tecnología láser el cual se utilizó para el alineamiento de la maquinaria, además se conoció las técnicas de corrección de angularidad como la técnica gráfica y la técnica de la cuerda o recta.
- Se efectuó la alineación de la maquinaria y esto permitió que se obtenga un margen de error muy bajo, dando como resultado una alineación de rango

excelente, debido a que las mediciones de vibración después de la alineación de las bandas y poleas alcanzan valores muy bajos admisibles según la norma ISO 10816, como se puede observar en las siguientes curvas de tendencia.

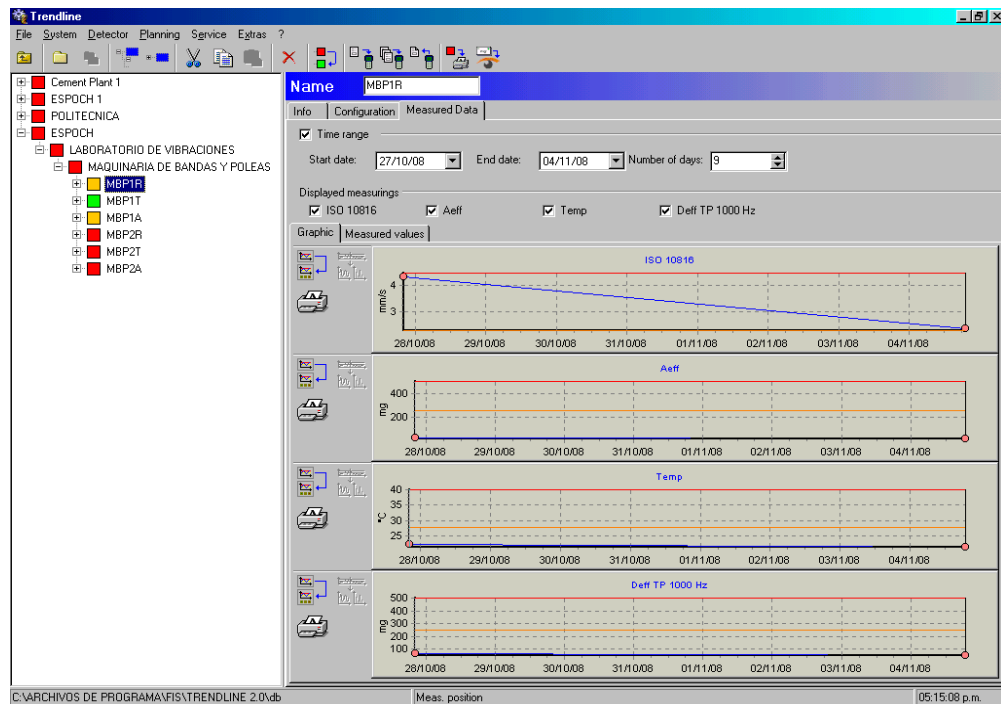


Fig.70. Curva de tendencia del punto M B P 1 R

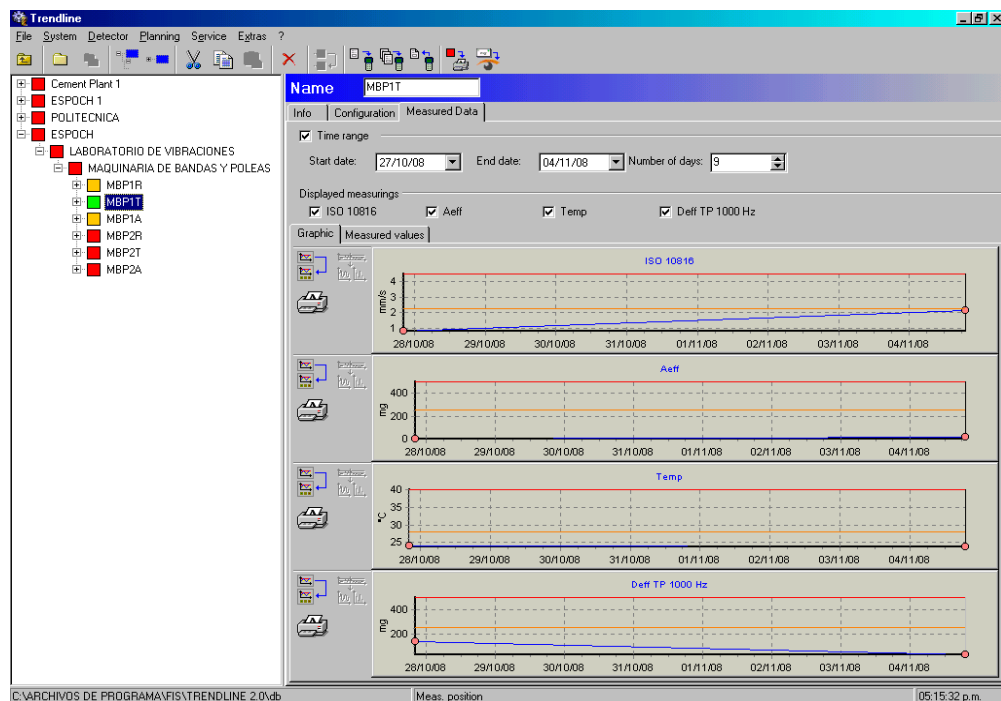


Fig.71. Curva de tendencia del punto M B P 1 T

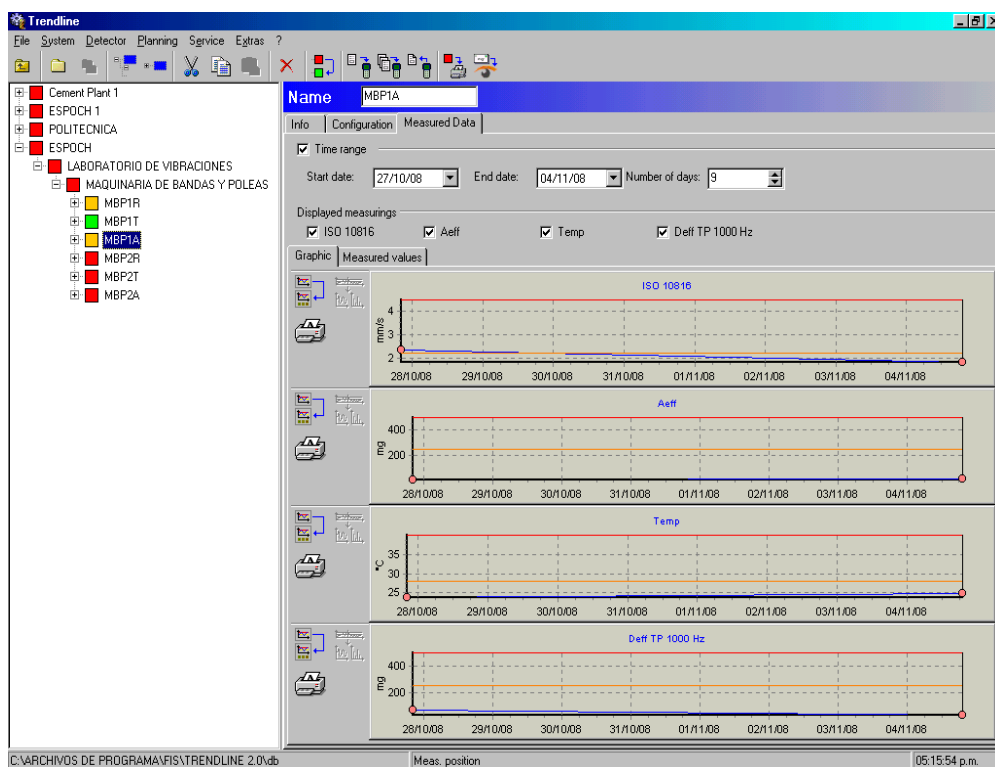


Fig.72. Curva de tendencia del punto M B P 1 A

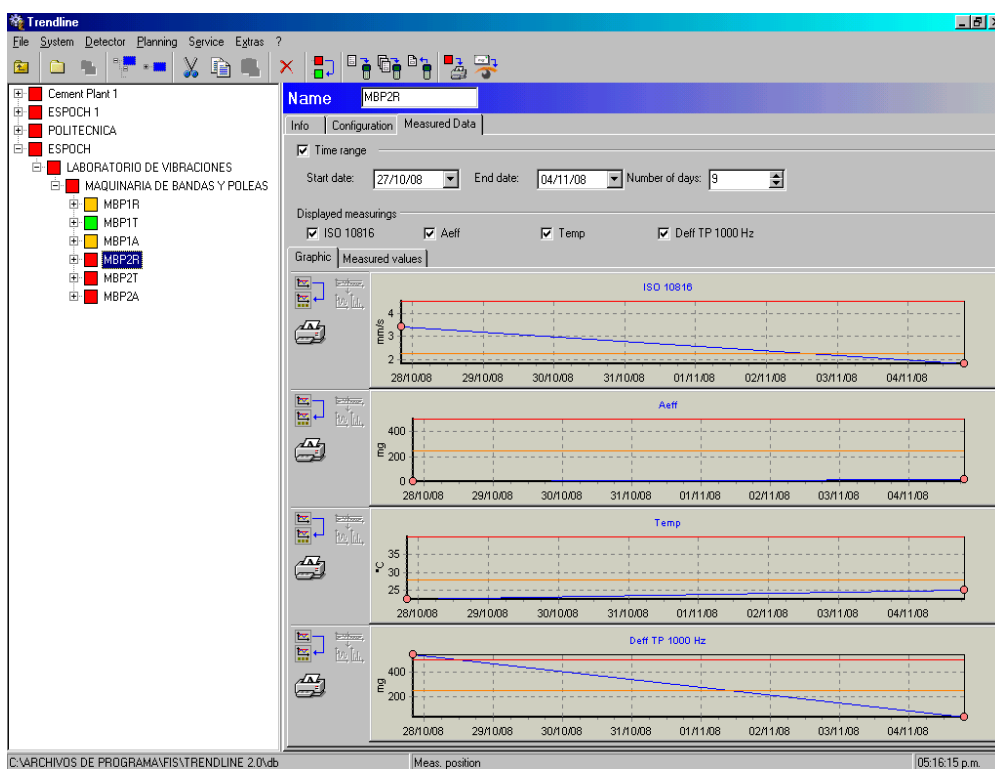


Fig.73. Curva de tendencia del punto M B P 2 R



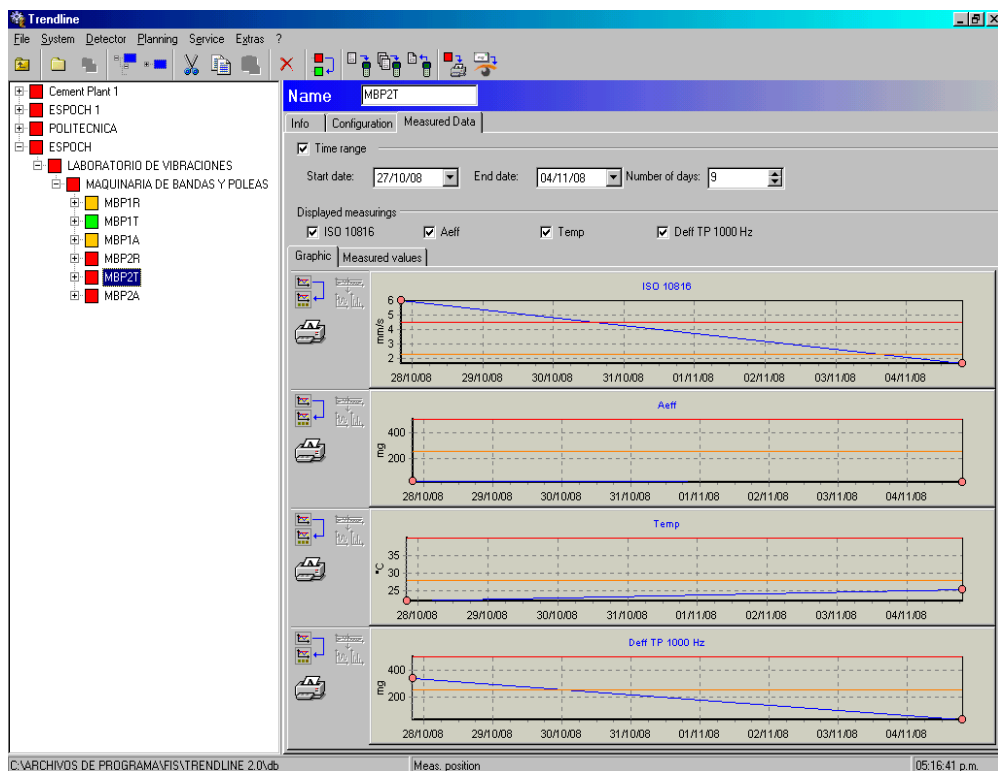


Fig.74. Curva de tendencia del punto M B P 2 T

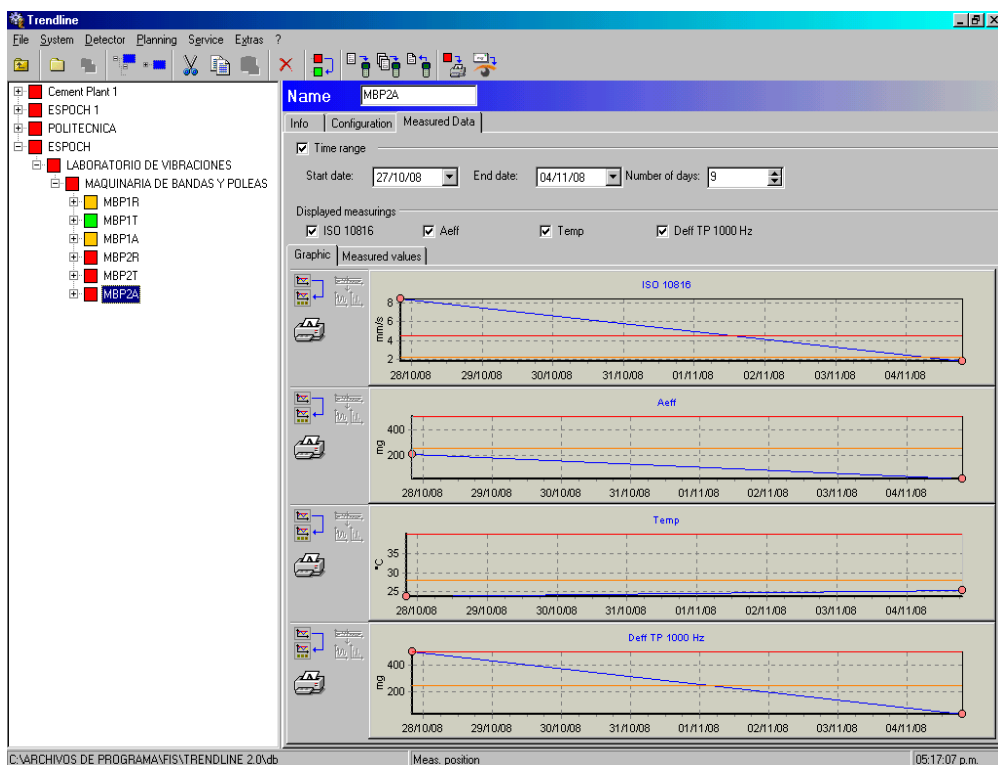


Fig.75. Curva de tendencia del punto M B P 2 A

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Aprovechar los beneficios prácticos que brindará la maquinaria para diagnosticar fallas en bandas y poleas mediante análisis vibracional, ya que de esta forma se complementará nuestra enseñanza y aprendizaje.
- Realizar la instalación de la maquinaria tomando las precauciones necesarias para evitar que se produzcan daños en el equipo.
- Realizar el plan de mantenimiento preventivo y predictivo establecido en la maquinaria para garantizar su eficiencia y funcionamiento.
- Seguir implementando otros tipos de maquinaria para el Laboratorio de Análisis Vibracional y Alineamiento Láser, en la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento ya que los mismos nos permiten consolidar los conocimientos teóricos en prácticos.
- Se recomienda gestionar la compra del alineador láser para bandas y poleas.
- Adecuar a la maquinaria para la utilización de otro tipo de transmisiones como cadenas, catalinas, etc.

## BIBLIOGRAFÍA

- **BRUEL & KJAER.** La Medida de las Vibraciones. 2da. ed. Dinamarca: Schenck, 2003.
- **CUATRECASAS, L.** Total Productive Maintenance. 3ra. ed. Barcelona: 2003.
- **GLENN, W.** Vibraciones Mecánicas. Alemania: DLI Engineering Corp, 2003.
- **MOROCHO, M.** Administración del Mantenimiento. Riobamba Ecuador: Docucentro, 2002.
- **MOROCHO, M.** Análisis Vibracional y Alineamiento Láser. Riobamba Ecuador: Docucentro, 2003.
- **MOUBRAY, Y.** Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. 2da. ed. North Carolina: 2004.
- **PALOMINO, E.** Elementos de Medición y Análisis de Vibraciones en Máquinas Rotatorias. 3ra. ed. Cuba: Ceim, 2000.
- **PIEDRA, M.** Las Vibraciones Mecánicas y el Diagnóstico de Máquinas. Cuba: Ceim, 1994.
- **SCHENCK, C.** Diagnóstico de Máquinas. 3ra. ed. Dinamarca: Schenck, 2005.